

I C Tバックホウの情報化施工管理要領（案）

平成24年3月

建設I C T導入普及研究会

国土交通省 中部地方整備局 中部技術事務所

はじめに

情報化施工は、調査、設計、施工、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目し、各プロセスから得られる電子情報を活用し、高効率・高精度な施工を実現するものであり、さらに、施工で得られる電子情報は、他のプロセスでも活用することによって、建設生産プロセス全体における生産性の向上や品質の確保を図ることを目的としたシステムである。

中部地方整備局では、平成14年度より、日本の施工現場で使用される建設機械として最も普及している油圧ショベル（以下、「バックホウ」という）を用いた掘削工、法面整形工に着目し、3次元設計データの活用により「丁張りなし」で施工が行える情報化施工について実証実験、試行工事等を通し、その効果などを検証してきた。3次元設計データを必要とせず比較的導入しやすく小規模土工での効果が期待できる情報化施工技術を用いたバックホウ（2D仕様）による掘削工についても試行工事を行い、その効果などの検証を進めている。

また、情報化施工技術を用いたバックホウによる掘削工、法面整形工において、設計データを搭載したトータルステーションを組み合わせることで、施工管理の合理化・効率化とともに、監督・検査の省力化・高度化を図れることを実証した。

本要領（案）は、中部地方整備局が現場への情報化施工の普及促進を目的として設置した「建設ICT導入普及研究会」での各会員からの意見を踏まえて、より現場適用性の高い「ICTバックホウの情報化施工管理要領（案）」としてとりまとめたものである。

本要領（案）が、情報化施工技術を用いたバックホウによる掘削工（小規模土工含む）、法面整形工を行う受注者に対し、情報化施工技術を適切に選定・運用するための施工要領として活用され、施工精度や施工効率の向上などの導入効果が得られることを期待するとともに、施工管理の合理化・効率化と監督・検査の省力化・高度化を図るための管理要領として活用されることを期待する。

また、本要領（案）の策定により、一部の大規模工事に限定されたバックホウ掘削工の情報化施工技術が、より一般的な河川工事、砂防工事、道路工事で標準的に活用され、土工全体に対する情報化施工の導入促進に寄与し、情報の利活用による土工全体での更なる生産性の向上や品質の確保、安全性の向上などが図られることを期待する。

本要領（案）は、平成21年3月作成「バックホウ掘削工における情報化施工要領（案）」を基に、モデル工事实施の結果・調査データを受け改訂した。また、「建設ICT導入普及研究会」の目的である「建設事業全体においてICT（情報通信技術）を活用し、効率的かつ効果的な社会資本整備を実現する」を達成するため、目標及び行動指針とする施工段階における「現場の作業性向上」、「現場管理の効率化・適正化」に寄与するものである。今後ICTが、活用されていくなかで、現場や各方面からの意見をふまえ、今後さらに内容を改善していきたい。

目次

はじめに

1 総則	1
1.1 本要領の目的	1
1.2 ICTバックホウの効果	2
1.3 適用の範囲	6
1.4 本要領に記載のない事項	12
1.5 用語の定義	13
2 マシンガイダンス技術の要求仕様	17
2.1 提供情報	17
2.2 バケット位置の取得精度	18
2.3 システムが有する機能	19
2.4 構成機器の取得データ	21
3 ICTバックホウを用いた掘削方法	23
3.1 ICTバックホウを用いた施工の流れ	23
3.2 導入技術の選定	24
3.3 使用機器	25
3.4 3次元設計支援ソフトウェア	28
3.5 事前準備	30
3.5.1 事前準備の流れ	30
3.5.2 RTK-GNSSの適用確認	31
3.5.3 TSの適用確認	32
3.5.4 現場に適応した測位技術の選択	33
3.5.5 基準点の設置	34
3.5.6 施工計画書の作成	35
3.5.7 3次元設計データの作成	36
3.5.8 3次元設計データの確認	39
3.5.9 GNSS基準局の設置	40
3.5.10 TSの設置	42
3.5.11 バケット位置精度の確認	43
3.5.12 設計データの搭載	46
3.6 掘削方法	48
3.6.1 操作判断と作業指示	48
3.6.2 掘削期間中の確認事項	50
3.7 ICTバックホウを使用した現場での留意事項	51
4 ICTバックホウを使用した現場での出来形管理方法	52
4.1 出来形管理方法	52

(添付資料)

- 様式-1 基本設計データのチェックシート (対象技術: T S 出来形管理)
- 様式-2 「バケット位置の取得精度」記録シート (対象技術: 3 Dバックハウ)
- 様式-2 「バケット位置の取得精度」記録シート (対象技術: 2 Dバックハウ)
- 様式-3 日常点検のチェックシート (対象技術; 3 Dバックハウ)
- 様式-3 日常点検のチェックシート (対象技術; 2 Dバックハウ)

おわりに

1 総則

1. 1 本要領の目的

本要領(案)は、土工および小規模土工のバックホウ掘削工(以下、法面整形工を含むものとする)における情報化施工が適切に実施されるよう、以下の事項について明確化することを主な目的とする。

- 1) マシンガイダンス技術を搭載したバックホウ掘削工の適応現場要件
- 2) マシンガイダンス技術に対する要求仕様(精度要件・機能要件)
- 3) ICTバックホウを用いた標準的な掘削方法と作業管理方法
- 4) ICTバックホウを用いた場合の出来形管理方法

【解説】

これまでのバックホウ掘削工は、現地の丁張りをを用いた掘削工がほとんどであったが、ICT (Information and Communication Technology : 情報通信技術) の発展・普及に伴い、従来の掘削方法に加えて、バックホウに搭載したマシンガイダンス技術から提供される「設計とバケット位置の差分値」等に基づく掘削方法が複数の開発メーカーから提案されており、直轄工事においても民間主導で導入事例が現状増えつつある。

このマシンガイダンス技術を搭載したバックホウ(以下、「ICTバックホウ」)を用いた掘削工の実施は、従来の掘削工と比べて、1. 2に示す施工現場への便益が期待できる。しかし、この便益の大小は現場条件により異なること、現状では一般にICTバックホウが普及していないことなどから、汎用的な施工現場への導入は困難な状況となっている。

また、ICTバックホウには、3次元設計データを搭載するICTバックホウ(以下、3Dバックホウ)と、3次元設計データを搭載しないICTバックホウ(以下、2Dバックホウ)とがある。

本要領(案)では、土工および小規模土工でのICTバックホウ(3Dバックホウと2Dバックホウ)による情報化施工が適切に実施されるよう、適応する現場条件や掘削方法などについて明確にする。



3Dバックホウ



2Dバックホウ

写真-1 ICTバックホウ

1. 2 ICTバックホウの効果

ICTバックホウの導入により、以下の効果が期待される。

- 1) 安全性の向上
- 2) 作業性の向上
- 3) 品質の向上
- 4) その他(環境負荷の軽減等)

【解説】

ICTバックホウを導入する際には、3Dバックホウと2Dバックホウの各々の導入効果を考慮し、導入の検討をすることが重要である。ICTバックホウの導入効果を表-1に示す。

表-1 ICTバックホウの導入効果

項目		ICTバックホウ	
		3D バックホウ	2D バックホウ
1) 安全性の 向上	①丁張り設置作業が不要となることによる 安全性の向上	○	
	②重機と補助作業員との接触事故の防止	○	○
	③暗所や施工箇所を直視できない現場での 安全性の向上	○	
2) 作業性の 向上	①丁張り設置作業や補助作業員配置が不要 となることによる作業性の向上	○	
	②マシンガイダンス技術の活用による作業 性の向上	○	○
	③余掘り量の低減	○	○
	④施工の手直し回数の低減	○	○
	⑤工事全体での作業性向上	○	
3) 品質の 向上	①面的な品質の向上	○	
	②オペレータの経験によらない品質の向上	○	○
4) その他 (環境負荷 の軽減等)	①温室効果ガス排出量の低減	○	○

1) 安全性の向上

①丁張り設置作業が不要となることによる安全性の向上（3Dバックホウのみ）

現行のバックホウ掘削工において、現地への丁張りの設置は必要不可欠であるが、作業区域が区分されていない現場や高所で安全が確保されていない現場の場合、現地への丁張りの設置作業に対する安全性に問題がある。

ICTバックホウを用いた掘削工の場合、現地への丁張り設置作業が不要となることから、施工時の安全性の向上が期待される。

②重機と補助作業員との接触事故の防止

また、上記条件では、掘削に係わる検測も同様に、安全性の確保がし難い条件であると考えられる。ICTバックホウを用いた掘削工の場合、検測などの補助作業員の配置が不要となるため、重機と補助作業員との接触事故を防止することができる。

③暗所や施工箇所を直視できない現場での安全性の向上

ICTバックホウに搭載されたマシンガイダンス技術を活用することで、暗所や施工箇所を直視できない現場においても重機の動きを確認することができることから、安全性の向上が期待される。

2) 作業性の向上

①丁張り設置作業や補助作業員の配置が不要になることによる作業性の向上

（3Dバックホウのみ）

上記1)と同様に、掘削範囲の現場条件が次に示す条件の場合、現地への丁張りの設置作業や掘削工に係わる検測に対する作業性に問題がある。

表－2 従来施工における現場条件と作業性の問題点

現場条件	作業性の問題点
・掘削高が高い、掘削深さが大きい、延長が長い大規模な掘削工	・作業員の作業箇所への移動が大変
・曲線部を有する掘削工	・丁張り設置本数が多く、丁張り設置に手間と時間を要する
・施工箇所が直視できない掘削工	・浚渫、水中掘削での掘削

3Dバックホウによる掘削工では、丁張り設置作業や補助作業員の配置が不要となることから、工事の作業性の向上が期待される。なお、3Dバックホウによる掘削工では丁張りが全く不要になるというものではなく、たとえば構造物がある位置等では目安として丁張りが必要となる場合がある。

②マシンガイダンス技術の活用による作業性の向上

I C Tバックホウに搭載されたマシンガイダンス技術を活用することで、オペレータの重機操作の作業性向上が期待される。ただし、これまでのモデル工事などでの経験から、経験の浅いオペレータは重機の操作そのものに不慣れであることから、期待される作業性向上の効果は小さい。I C Tバックホウによる掘削工では、経験豊富なオペレータが活用することで、より一層の作業性の向上が期待できる。

また、I C Tバックホウを用いた場合、法面等、掘削面の施工状況を重機を降りて、目視確認する必要がなく、法尻が長い法面までの過掘を過敏に心配する必要もない。さらに、目標物等がない中、重機が正対している事も、モニタで確認ができるため、施工効率の向上が期待できる。

③余掘り量の低減

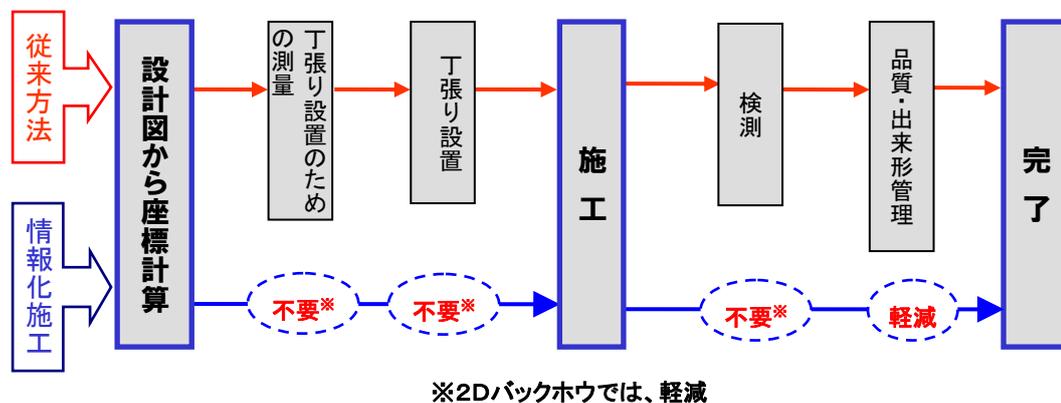
マシンガイダンス技術に基づく高い精度での施工が可能となることから、余掘り量を最小限に抑えることができる。

④施工の手直し回数の低減

マシンガイダンス技術に基づく精度の高い施工が可能となることから、施工の手直し回数の低減が期待される。

⑤工事全体での作業性向上

上記の他、丁張りや検測の手間が不要となることと、T S出来形管理により従来の出来形管理の手間が軽減されることから、工事全体での工期短縮が期待される。



図一 1 情報化施工による作業性の向上

3) 品質の向上

①面的な品質の向上 (3Dバックホウのみ)

これまでのバックホウ掘削工における出来形管理 (品質管理) は、丁張り付近だけで行われてきた。3Dバックホウによる掘削工では、これまでの点管理から面管理になることから、工事対象範囲について面的な品質の向上が期待される。

②オペレータの経験によらない品質の向上

これまでのモデル工事などの経験から作業性の向上は経験豊富なオペレータにおいて効果が発揮されるが、品質の向上においては経験によらず高い品質、高い精度での施工が可能であることが知られている。これまで施工品質は、オペレータの経験に依存するところが大きかったが、マシンガイダンス技術の活用により、経験の浅いオペレータであっても高い精度での施工が可能となる。ただし、経験の浅いオペレータは、精度を気にしすぎて、モニタ表示を何度も確認してしまい、従来施工よりも施工スピードが遅くなりやすいことに留意が必要である。参考として、直轄工事の施工業者へのアンケート調査より得られたオペレータの経験と施工品質との関連性イメージを図-2に示す。

	経験				
	1(浅い)	2	3	4	5(豊富)
施工精度・品質	← 設計データ通りの高品質が確保される (誰が施工しても高品質が確保) →				
施工スピード	← 従来型と同様 →			← 従来型より高効率 →	

図-2 オペレータの経験と施工品質との関係性イメージ

4) その他 (環境負荷の軽減等)

①温室効果ガス排出量の低減

ICTバックホウによる掘削工では、従来の施工と比較して施工性の向上、工事全体での工期短縮が期待される。重機の稼働時間の短縮にもつながり、温室効果ガス(CO₂)排出量は低減されることが期待される。

ICTバックホウによる掘削工において、2Dバックホウでは、以上の安全性の向上、作業性の向上、品質の向上、環境負荷の軽減といった効果が得られる。また、3Dバックホウでは、切り出し位置などの丁張りが不要となるため、さらに高い効果が得られる。ただし、3Dバックホウは、比較的高価であるため、2Dバックホウと併用するなど現場の条件に応じてうまく2Dバックホウと3Dバックホウを使い分けることが効果的である。

また、ICTバックホウで施工した場合、施工管理の合理化・効率化、監督検査の省力化・高度化が図れる出来形管理用TSを用いることが必要であると判断し、この点も本要領(案)に含めている。

1. 3 適用の範囲

本要領(案)の適用範囲は、ICTバックホウを用いた掘削工(小規模土工含む)、法面整形工を実施する場合に適用する。

【解説】

ICTバックホウは、一般的なバックホウ掘削工において適応可能であるため、本要領(案)では、ICTバックホウが適用可能な工事工種や、ICTバックホウ導入に適した適用範囲をとりまとめる。

(1) 適用機械

本要領(案)では、RTK-GNSSまたは自動追尾型TSの測位技術により位置座標を取得し、オペレータに対し施工支援情報を提供する3Dバックホウを用いた掘削工(以下、法面整形工を含むものとする)および測位技術を使用しない2Dバックホウを用いた掘削工に適用する。

(2) 適用範囲

ICTバックホウを用いた掘削工の施工精度は、フィールド試験、試行工事により現行の出来形管理規格値(基準高±50mm等)を満足できる技術レベルにあることを確認した。

このため、3Dバックホウは、河川・砂防・海岸工事、道路工事における掘削工全般に適用可能である。災害復旧工事においては、災害前の地形の設計データを作成することが出来れば、災害現場での掘削工や無人化施工にも適用可能である。

2Dバックホウは、一定勾配または一定深さの掘削工に適用可能である。特に小規模土工での溝掘りなどの掘削工で適用性が高い。

前述1. 2に示す現場要件を考慮すると、効果が期待出来る工事工種は以下のとおりである。

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| ① 河川土工工事 | :河道掘削工(浚渫、水中掘削を含む)、築堤盛土工(法面整形工) |
| ② 災害復旧工事 | :掘削工、土砂型砕工【無人化施工】(3Dバックホウのみ) |
| ③ 砂防工事* | :斜面对策工、掘削工(長大法面) |
| ④ 道路工事* | :造成工、掘削工(長大法面) |
| ⑤ その他 | :大規模土工、急速施工、付帯道路工、小規模土工(2Dバックホウのみ) |
| ※ 目的構造物の要求精度を協議の上、導入を判断 | |



写真-2 3Dバックホウの適用範囲（例）



図-3 2Dバックホウ適用範囲（例）

ただし、この施工精度を満足するためには、所定の要求性能を満足したICTバックホウを用いなければならない。この要求性能は「バケット位置の取得精度（2.2参照）」として本要領（案）に規定している。

（3）土質条件

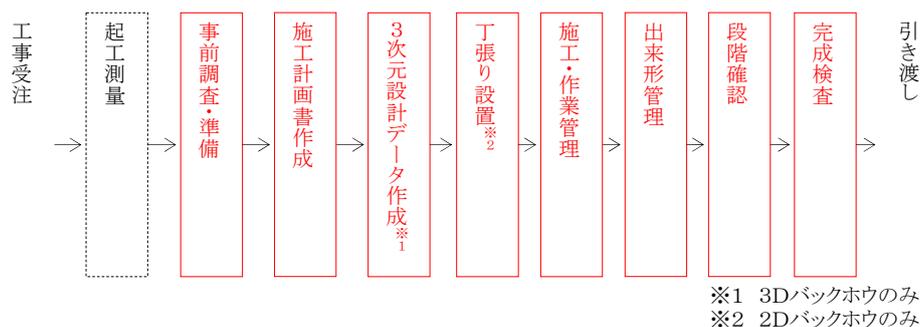
ICTバックホウを用いた掘削工の対象土質は、土砂（レキ質土、砂及び砂質土、粘性土）を標準とする。

マシンガイダンス技術の概念は、対象土質に係わらず適用することが可能であるが、既存システムでは、軟岩等の場合、センサ、ブラケット等に対する耐久性、信頼性が一部のシステムに限定される。なお、この場合の作業機装置は、大型ブレーカ（バックホウをベースマシンとする）のことを指す。

そのため、本要領（案）では、ICTバックホウによる標準対象土質は土砂に限定する。

（4）業務範囲

本要領（案）におけるバックホウ掘削工の業務範囲を図-4中の赤字で示す。



※1 3Dバックホウのみ
 ※2 2Dバックホウのみ

図-4 マシンガイダンス技術の対象となる業務範囲

1) 事前調査・準備

ICTバックホウを用いた掘削工では、システムの利用に際しての事前調査・準備が必要となる。事前調査は、ICTバックホウの適用可能範囲、適用期間等を確認する作業であり、事前準備は、システムの性能確認とこれを利用して3次元設計データ及び基準点を準備する作業である。

2) 施工計画書作成

事前調査により把握した結果に基づき、ICTバックホウの適用可能範囲、適用期間、ICT支援システム等の計画を立案し使用機器、掘削計画、性能確認計画について施工計画書に示す。記載箇所としては施工計画書の主要機械、施工方法、施工管理計画に該当する。

3) 3次元設計データ作成（3Dバックホウのみ）

3Dバックホウを用いた掘削工では、3次元設計データが必要となる。設計データ作成の詳細については、後述3.5.7に示す。

4) 丁張り設置（2Dバックホウのみ）

2Dバックホウを用いた掘削工では、現地への丁張り設置が軽減できる。

5) 施工・作業管理

ICTバックホウを用いた掘削工では、システムから提供される『設計とバケット位置との差分値』等に基づく操作判断と、現地への杭を必要としない出来形管理用TSにより、『設計上の平面位置における高さ』に基づく作業指示を行う。

6) 出来形管理、段階確認、完成検査

ICTバックホウを用いた掘削工では、現地への杭を必要としない出来形管理用TSにより、出来形管理、段階確認、完成検査を行う。

(5) 3Dバックホウと2Dバックホウの違い

以下に3Dバックホウと2Dバックホウの適用範囲等の比較について示す。

1) ICTバックホウの種類

3Dバックホウと2Dバックホウの機器構成の違いを表-3に示す。

表-3 3Dバックホウと2Dバックホウの機器構成の違い

機器の種類	3Dバックホウ	2Dバックホウ
ピッチ&ロールセンサ (本体)	◎	—
ブームセンサ	◎	◎
アームセンサ	◎	◎
バケットセンサ	◎	◎
方向センサ	◎	—
回転レーザ (受光器含む) ※	—	△
GNSS基準局またはTS	◎	—
GNSS受信機または全方位プリズム	◎	—

◎：標準的に使用する機器

△：追加可能な機器

※ 回転レーザを使用すると基準位置にバケットを合わせずに、基準位置（高さ）を設定できる。そのため、河川の浚渫や護岸改修工事の水中掘削などバケットの基準位置（高さ）を設定しにくい現場では、回転レーザを使用することで効率的に施工できる。また、傾斜タイプの回転レーザを使用することで傾斜面も設定できるため、回転レーザは傾斜地での施工にも有効である。

なお、回転レーザの使用方法は、回転レーザを目標高さに設置し、レーザ面をレーザ受光器で捉える。そのレーザ面の標高を基準に一定深さ又は一定勾配の計画面を設定し、マシンガイダンスに合わせて施工を行う。

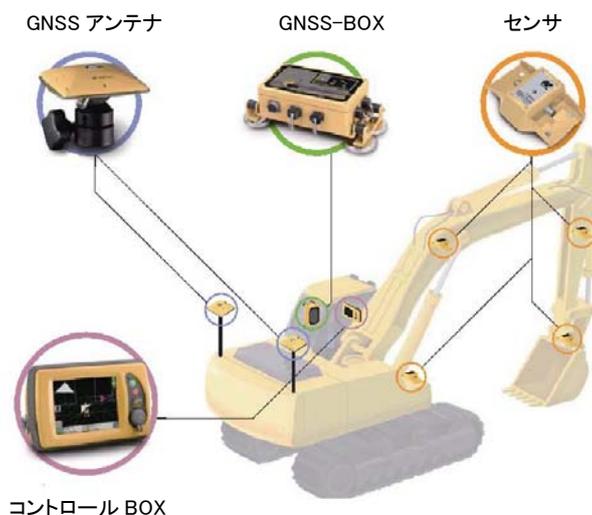


図-5 3Dバックホウの機器構成例 (T社)

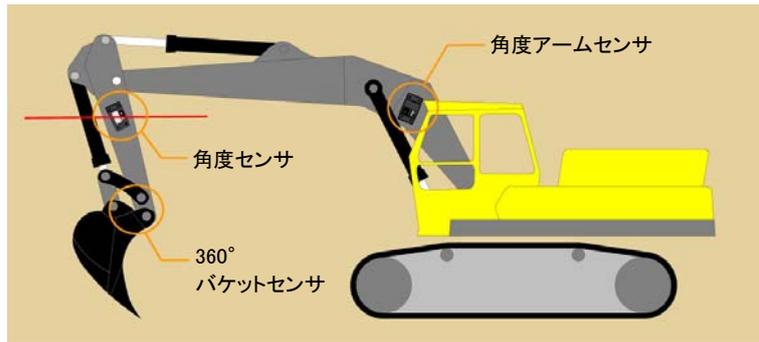


図-6 2Dバックホウの機器構成例
(上：標準 (N社)、下：回転レーザー使用時 (L社))

2) ICTバックホウの取得データ

3Dバックホウと2Dバックホウの取得データの違いを表-4に示す。

2Dバックホウは3次元測位システムを搭載しないため、バケットの絶対位置の計測ができない。また、設計データを搭載しないため、設計値と差分を算定するものではなく、丁張り等を利用した基準位置からのバケットの距離が主な取得データであり、設定値 (掘削深さ・勾配) との差分を表示する。

表-4 3Dバックホウと2Dバックホウの取得データの違い

取得データ (計測項目)	3Dバックホウ	2Dバックホウ
バケット (機器) の絶対座標	◎	—
機器の向き (方位)	◎	—
バケット位置と設計値の比較	◎	◎※1
バケット高さ (標高)	◎	△※2

※1 2Dバックホウでは、3次元設計データは不要

◎ : 標準的に計測する項目

※2 回転レーザーで設定した基準高さ

△ : 追加できる計測項目

(回転レーザーの追加が必要)

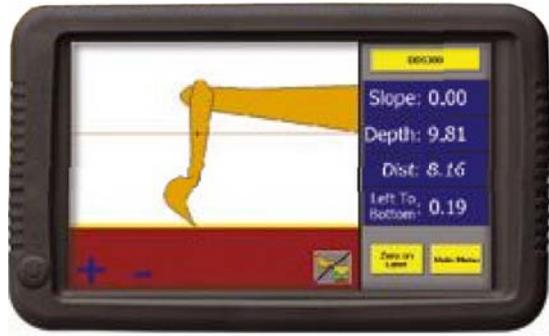
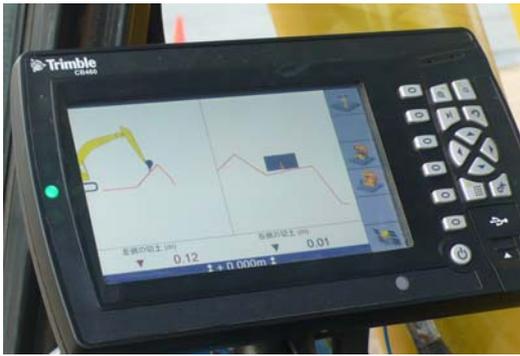


写真-3 ICTバックホウのモニタ表示（例）
 （左：3Dバックホウ（N社）、右：2Dバックホウ（N社））

3) ICTバックホウの施工方法、適用場面

3Dバックホウと2Dバックホウ及び通常施工における施工方法との違いを表-5に示す。

3Dバックホウは全ての作業において3次元設計データとの比較によるガイダンスを行うのに対し、2Dバックホウでは法勾配や高さの部分的なガイダンスを行う。

表-5 適用場面ごとの施工方法比較

工種	通常施工	3Dバックホウ	2Dバックホウ
法面掘削 （一定勾配の掘削）	丁張り+検測補助員 （法勾配確認）	ガイダンス （3次元設計データ との比較）	丁張り （切り出し位置） +ガイダンス （法勾配、高さ）
床掘・溝掘り・整地 （一定深さの掘削）	丁張り+検測補助員 （高さ確認）		
水中掘削・浚渫 （不可視部の掘削）	検測員（高さ確認） ※船や栈橋が必要		

1. 4 本要領に記載のない事項

本要領(案)に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 「土木工事共通仕様書」(国土交通省 中部地方整備局) (以下、「共仕」)
- 2) 「TSを用いた出来形管理要領(土工編) 平成24年3月 国土交通省」(以下、「出来形管理要領(土工編)」)
- 3) 「国土交通省公共測量作業規程」(国土交通省) (以下、「作業規程」)
- 4) 「作業規程の準則」(国土交通省国土地理院)

【解説】

本要領(案)は、「共仕」で定められている基準に基づき、ICTバックホウを利用した施工および施工管理の実施方法等を規定するものとして位置づける。

また、「出来形管理要領(土工編)」で定められている基準に基づき、出来形管理用TSを用いた出来形管理の実施方法、管理基準等を規定するものとして位置づける。

さらに、ICTバックホウは、機器構成としてRTK-GNSSを含むため、基準局の設置などについて「作業規程の準則」で定められている規定に準拠する。

なお、本管理要領(案)に記載のない事項については関連する基準類に従うものとする。

1. 5 用語の定義

(1) 本要領（案）に記載のある用語

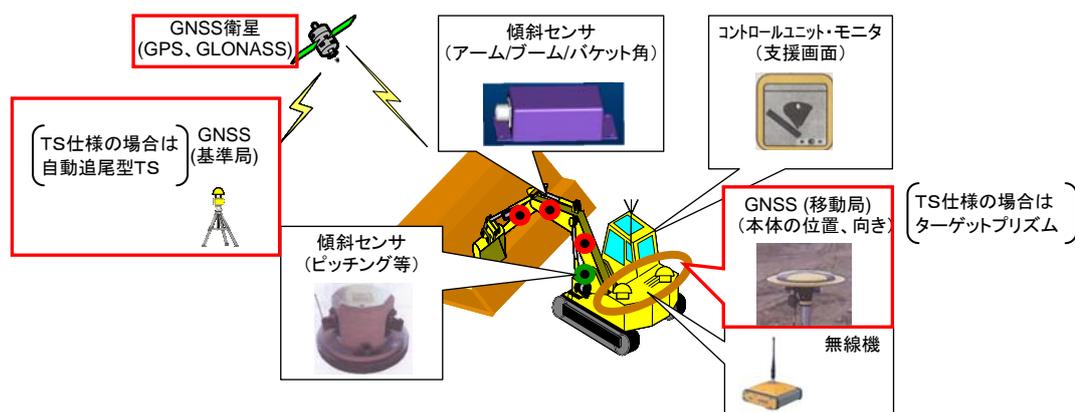
【ICTバックホウ】

現在、建設機械として日本の施工現場で最も普及するバックホウ（油圧ショベル）に、後述するマシンガイダンス技術を搭載したものの総称。なお、マシンガイダンス技術は、現状では後付けで設置される場合がほとんどである。

【マシンガイダンス技術（MG）】

測位技術（GNSS・TS）とセンサ等の組み合わせで建機・作業装置の位置・標高を取得後、設計データとの差分を算出してオペレータに提供する技術。

本要領（案）では、バックホウに搭載するRTK-GNSSや各種センサ、処理装置、モニタ等を搭載することで、オペレータに対して、現地に設置される丁張りに変わって、『設計とバケット位置（出来形）との差分値』等を提供するマシンガイダンス技術の総称を指す。



※赤枠は、3Dバックホウのみ。

図-7 マシンガイダンス技術の機器構成

【GNSS（Global Navigation Satellite System／汎地球測位航法衛星システム）】

現在、地球の周回軌道を回るGPS（米）、GLONASS（露）などの人工衛星からの電波発信の時刻と受信機に電波が到着した時刻との時間差や搬送波を解析し、受信位置の緯度・経度および標高を測定することができる汎地球測位装置であり、取得した緯度・経度・標高から計測位置の座標計算を1秒以下で行うことができる装置。

平成26年（予定）には、Galileo（EU）からの計測位置情報も取得できるようになり、さらに高精度の位置座標が取得可能となる。

【RTK-GNSS（リアルタイムキネマティック）】

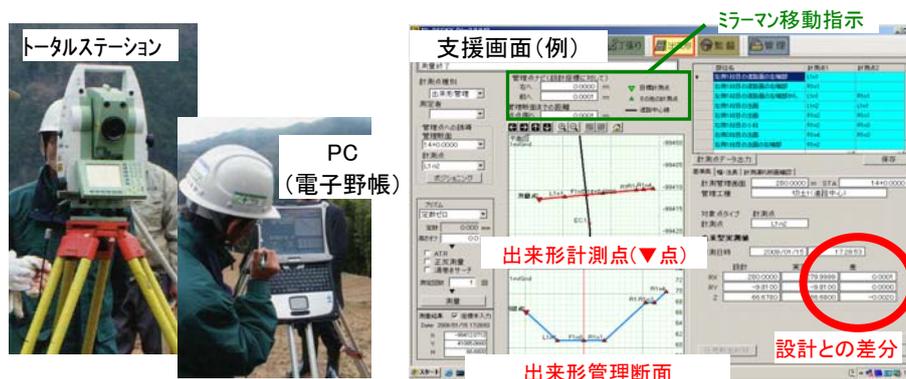
計測位置のGNSS（移動局）と、既知点に設置したGNSS（固定局）の2台を用いて、実時間（リアルタイム）で基線解析を行うことで、より高精度に計測位置の座標を取得できる装置。

【T S（トータルステーション）】

1台の装置で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀であり、取得した角度と距離から計測点の座標計算を瞬時に行うことができる。

【出来形管理用T S：施工管理データを搭載したトータルステーション】

現場での出来形計測と出来形確認を行うために必要なT Sと若しくはそれに接続された情報機器一式（データコレクタ、携帯可能なコンピュータ）のことである。出来形管理用T Sの性能については、「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書（案）」に規定する機能・性能を有さなければならない。



写真－４ 出来形管理用T S

【電子丁張り】

3次元設計データに基づいた横断形状など、マシンガイダンス技術のシステムで提供される「丁張り」の代わりとなる電子情報。

【XML形式】

eXtensible Markup Language の略。独自のタグを使ってデータの属性情報や論理構造を独自に定義でき、データ属性とデータの内容を関連づけることの可能な記述言語。情報化施工では、主に基本設計データとして使用するデータ形式である。

【L a n d XML】

複数の企業、米国・ニュージーランドなど政府機関、州機関などが共同で進めている土地利用計画、土木工事、測量などを対象にした XML ベースのデータ交換標準。情報化施工では、主にマシンガイダンス用3次元設計データとして使用するデータ形式である。

中部地方整備局では、本形式をマシンガイダンス技術に搭載するデータの標準形式として定めている。

【基本設計データ（図－8参照）】

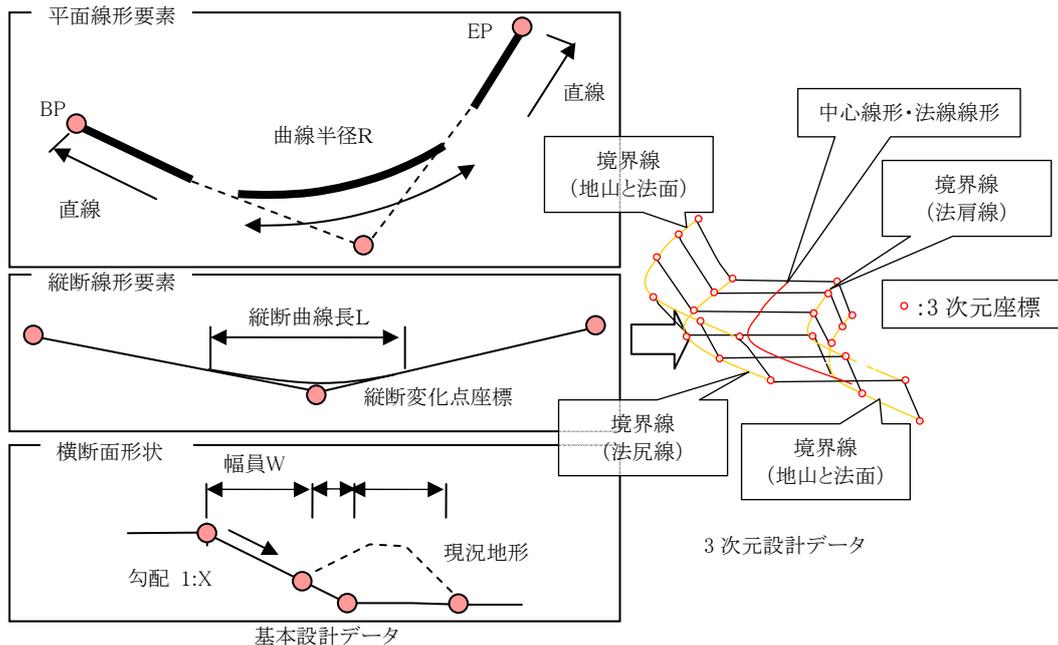
基本設計データとは、施工管理データから現場での出来形計測で得られる情報を除いたデータのこと、工事目的物の形状、出来形管理対象項目、基準点情報及び利用する座標系情報などである。図－8に基本設計データの幾何形状のイメージを示す。基本設計データの幾何形状とは、設計成果の線形計算書（道路中心線の場合）、平面図、縦断図及び横断図から仕上がり形状を抜粋し、3次元形状データ化したもので、（1）道路中心線形又は法線（平面線形、縦断線形）、（2）出来形横断面形状で構成される。

【3次元設計データ（図－8参照）】

ICTバックホウで搭載可能な電子設計データ。本要領（案）では、広義に用いており、「基本設計データ」と「現況地形データ」から生成されるデータで、「中心線・法線、法肩・法尻線、地山との境界線」と「3次元座標」からなる。

【施工管理データ】

本管理要領（案）の出来形管理に必要なデータの総称であり、「基本設計データ」と「出来形計測データ」とを包括するものである。



図－8 基本設計データと3次元設計データ

【中心線形・法線線形】

バックホウ掘削対象とする構造物の基準となる線形のこと、平面線形と縦断線形で定義されている。河川の場合は、法線線形がこれに該当する。

【平面線形】

中心線形を構成する平面線形のことであり、線形計算書に示される。平面線形の幾何形状は、直線、単曲線、緩和曲線で構成され、それぞれの端部の平面座標、要素長、回転方向角、曲率半径、クロソイドパラメータなどで定義される。

【縦断線形】

中心線形を構成する縦断線形のことであり、縦断図に示される。縦断線形の幾何形状は、縦断勾配変化点の基点からの縦断距離と標高、勾配、縦断変曲長で定義される。

【横断線形】

平面線形に対して直交する面（横断面）に対する、基面、法面等の仕上がり形状であり、横断図に示される。横断形状の幾何形状は、各横断面の中心点（中心線形との交点）を基準に、距離と標高あるいは勾配で定義される。

【現況地形データ、現況地形サーフェス、T I Nデータ】

平面線形に対して直交する面（横断面）や施工範囲などに対して、地形の変化点等の位置（離れ距離と比高、3次元座標）とこれら点を直線で結んだ線（路線データ）で構成される不等三角網データのこと。

（2）その他建設 I C Tに関する基本的な用語

【出来形計測データ】

出来形管理用 T S で計測された 3次元座標値に、基本設計データと対比できるように、どの地点（法肩や法尻など）を計測したかがわかる出来形計測対象点の記号を付加したものをいう。出来形計測対象点の記号は、基本設計データ作成時に作成者により設定され、出来形計測時は出来形管理用 T S 上でこれを選択して利用する。詳細は、「出来形管理要領(土工編)」を参照のこと。

【プロダクトモデル】

製品の設計から製造・使用・保守、廃棄に至るまでの製品のライフサイクルの中で発生する様々な情報を統合的に記述した情報モデル。製造業向けに開発され、現在は建設業向けにも開発される。

【測位解の種類】

衛星の数が少なく、地球上での特定の位置が求められない状態を「F L O A T 解」と呼び、衛星が十分にあり地球上の位置が定まった状態を「F I X 解」と呼ぶ。

「F I X 解」の状態は、主に基準局／移動局共に同じ衛星を 5 つ以上受信し、尚且つ基準局からの補正情報が届いている状態をいう。

何らかの要因で、無線がリアルタイムで届かなかつたり、同じ衛星を受信できなかった場合に「F L O A T 解」の状態となる。また、受信していてもマルチパス（乱反射）等によって「F L O A T 解」となる場合もある。

2 マシンガイダンス技術の要求仕様

2.1 提供情報

マシンガイダンス技術は、バックホウやバケット位置に基づき、定量的な操作支援情報を連続的に提供できなければならない。

【解説】

マシンガイダンス技術は、オペレータに対して、定量的な操作支援情報を連続的に提供することで、丁張りの目視確認や降車を含めた出来形の目視確認、操作の中断が必要な作業管理のための検測を不要にし、オペレータが行う操作判断を早期化、効率化するものである。また、この情報の提供は、工事目的物の施工精度を確保する面からも、必要不可欠なものである。そのため、上記の情報提供を要件仕様として規定した。

既存システムにおいて提供される具体の操作支援情報と、これに関連する具体的な提供情報を表-6にまとめる。

同表に示す情報のうち、施工精度に影響する重要な情報は、切り出し位置誘導情報とバケット操作支援情報であり、最もオペレータが着目する情報は「設計とバケット位置との標高差分値」である。

表-6 既存システムから提供される情報

機能		情報※1	ICTバックホウ		
			3Dバックホウ	2Dバックホウ	
3次元設計データ保存機能		3次元設計データ	○		
掘削 操作 支援	電子丁張り提供	平面	○		
		断面形状	○	○※3	
	本体 操作支援 情報の提供	移動操作支援	設計上の位置	○	
		掘削方向誘導	法面との正対※2	○	
	作業機 操作支援 情報の提供	切り出し位置誘導	法肩、法尻線との 差分値※2	○	
		バケット操作支援	設計とバケット位置 との標高差分値	○	○※3
			設計勾配	○	○※3

※1 上表に示す情報が全て1つの支援画面から提供されるものではない。

※2 設計面(法面・基面)、法肩・法尻線等のトリガ選択

※3 2Dバックホウでは、基準位置(切り出し位置)と設計勾配を操作支援システムに直接入力する必要がある。

2. 2 バケット位置の取得精度

マシンガイダンス技術の性能として、バケット位置の取得精度は、「土木工事施工管理基準(国土交通省 中部地方整備局)」(以下、「施工管理基準」)に基づき、適用する工種に応じた規格値以下を目安とすることが望ましい。

【解説】

マシンガイダンス技術から提供される情報のうち、最も利用頻度が高く、施工精度の確保の面から重要な情報は、「設計値とバケット位置との差分」である。

そのため、マシンガイダンス技術の性能として、バケット位置（高さ）の取得精度が、±50mm 以下を目安とすることが望ましい。

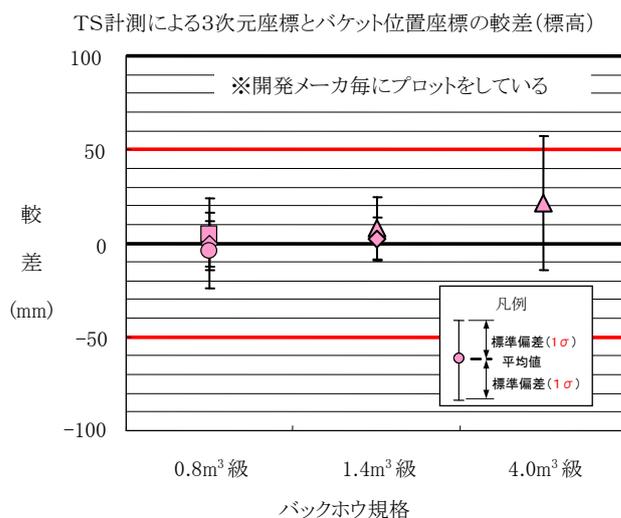
具体的な数値は、**図－9**に示すフィールド試験や現地調査により判明した取得精度を引用している。同図は、複数の開発メーカ、異なるバックホウ規格における取得精度をそれぞれ示しており、図中には平均値と誤差範囲として標準偏差（ 1σ ）を示している。

なお、バケットの位置取得精度は、基準点測量誤差、G N S S とセンサ測定機器の機械誤差、測定誤差、重機の動作誤差を含んでいる。

また、バケット位置座標は、測量成果としては比較的大きなばらつき（平均値±標準偏差（ 1σ ）で±30mm）を含むため、バケット位置座標を出来形管理、出来形検査に用いることは困難であると判断している。ただし、掘削対象とする目的構造物の要求精度（高さ）によっては、バケット位置座標を用いた出来形管理、出来形検査も可能であり、本要領（案）はこの実施を妨げるものではない。

なお、**図－9**に示す成果として確認した具体的なマシンガイダンス技術は、中部地方整備局が設置する「建設ICT導入普及研究会」が情報提供している。

- ・ 建設ICT総合サイト (<http://www.cbr.mlit.go.jp/kensetsu-ict/>)



図－9 バケット位置の取得精度

2. 3 システムが有する機能

マシンガイダンス技術は、次の機能を有するものを標準とする。

- 1) 3次元設計データ保存機能(3Dバックホウのみ)
- 2) 電子丁張り提供機能
- 3) 掘削操作支援機能

【解説】

マシンガイダンス技術は、前述 2. 1、2. 2 に示す要求仕様を最低限満足していれば、期待される施工能力、施工精度を確保することが可能であると判断する。

そのため、ここでは前掲表-6 に示す既存システムが有する機能を大別して機能を標準的な要求仕様として規定した。このため、マシンガイダンス技術の機能が、標準的な要求仕様以上と見なせる場合に限り、これの使用を阻害するものではない。

3Dバックホウと2Dバックホウのシステムで必要となる機能を表-7 に示す。

表-7 3Dバックホウと2Dバックホウのシステムで必要となる機能

項目		ICTバックホウ	
		3D バックホウ	2D バックホウ
1) 3次元設計データ保存機能		○	
2) 電子丁張り 提供機能	①平面設計データ提供機能	○	
	②断面設計データ提供機能	○	○
3) 掘削操作 支援機能	①法面正対の良否判定データ提供	○	
	②切り出し位置の良否判定データ	○	
	③掘削位置の良否判定データ	○	○
	④掘削変化位置の良否判定データ	○	

1) 3次元設計データ保存機能 (3Dバックホウのみ)

別途作成した3次元設計データ(法尻・法肩線データ等)、平面図を保存する機能。

2) 電子丁張り提供機能

①平面設計データ提供機能 (3Dバックホウのみ)

後述 2. 4 に示す機器の計測データなどに基づき、バックホウ本体が含まれる平面上の設計データを表示する機能。ここで言う「平面上の設計データ」は、オペレータが現地で目視確認できる中心杭(測点)や既設構造物の位置を確認できるデータを言う。

②断面設計データ提供機能

後述 2. 4 に示す機器の計測データなどに基づき、バケットセンターに対する断面方向の設計データを演算して、表示する機能。ここで言う「断面方向の設計データ」は、設計の断面形状を確認できるデータを言う。

3) 掘削操作支援機能

上記 1) と 2) から、オペレータが行う操作を支援可能な、操作の良否を判定できるデータを演算して、表示する機能。なお、「掘削操作支援」とは、以下に示すとおりである。

①法面正対の良否判定データ提供（3Dバックホウのみ）

設計上の法面とバックホウ本体の向きとの差分をモニタにより提供する。

②切り出し位置の良否判定データ（3Dバックホウのみ）

設計上の法肩線データとバケット位置との差分をモニタにより提供する。

③掘削位置の良否判定データ

設計面とバケット位置との差分をモニタにより提供する。

④掘削変化位置の良否判定データ（3Dバックホウのみ）

設計上の法尻線等とバケット位置との差分をモニタにより提供する。

2. 4 構成機器の取得データ

マシンガイダンス技術は、次のデータを取得するセンサ、機器等で構成することを標準とする。

- 1) 3Dバックホウ本体の3次元位置(X、Y、Z)
- 2) 3Dバックホウ本体の向き(方位)
- 3) 3Dバックホウ本体の傾斜(ピッチング、ローリング)
- 4) 作業機装置の相対角度(アーム・ブーム・バケット)

【解説】

マシンガイダンス技術を構成する機器は、ICTの発展により適宜更新すべきものであり、具体的な機器は明確化する必要はない。また、前述1. 3に基づく施工現場に導入する限りにおいては、前述2. 1、2. 2に示す情報と精度を確保することを要求仕様としておけば良いものと想定する。

そのため、ここでは、バケット位置を提供するために必要性が認められるデータ項目について、標準的な要件仕様として規定することとした。このため、マシンガイダンス技術で取得されるデータが、標準的な要求仕様以上と見なせる場合に限り、これの使用を阻害するものではない。

ここで規定するデータの取得精度は、バケット位置の取得精度に影響を与える。そのため、各機器で取得されるデータの取得精度は、少なくとも前述2. 2に示すバケット位置の取得精度以下でなければならない。

なお、参考までに既存システムの構成機器例を表-8、表-9、表-10に示す。

表-8 マシンガイダンス技術の機器例(3Dバックホウ・GNSS仕様)

機器	計測データ	仕様	台数	摘要
① GNSS受信機	本体位置 (3次元座標)	GNSS受信機、 GNSSアンテナ、 マスト、ブラケット一式	1台	堅牢タイプ (耐衝撃性、防 塵性、防滴性)
	本体向き (機軸に対する回転角)	GNSS受信機、 GNSSアンテナ、マスト、 ブラケット一式	1台	
		方位センサ	1台	
	GNSS補正情報 【基準局】	GNSS受信機、 GNSSアンテナ、 マスト、ブラケット、充電器 一式	1台	標準タイプ(防塵 性、防滴性)
② 傾斜センサ	本体ピッチング、ローリング	センサ、ブラケット(本体 用)	1台	
③ 傾斜センサ	作業機装置支点角度	センサ、ブラケット(アーム、 ブーム、バケット用)	3台	
④ コントロールユニット 及びモニタ	設計とバケット位置 との差異等	演算・描画処理装置、セ ンサユニット、モニター式	1式	

表－9 マシンガイダンス技術の機器例（3Dバックホウ・TS仕様）

機器		計測データ	仕様	台数
①	TS	本体位置 (3次元座標)	自動追尾型TS、 全方位プリズム、 マスト、ブラケット一式	1台
②	傾斜センサ	本体ピッチング、ローリング	センサ、ブラケット(本体用)	1台
③	傾斜センサ	作業機装置支点角度	センサ、ブラケット(アーム、 ブーム、バケット用)	3台
④	コントロールユニット及びモニタ	設計とバケット位置 との差異等	演算・描画処理装置、セン サユニット、モニター式	1式

表－10 マシンガイダンス技術の機器例（2Dバックホウ）

機器		計測データ	仕様	台数
①	傾斜センサ	作業機装置支点角度	センサ、ブラケット(アーム、 ブーム、バケット用)	3台
②	コントロールユニット及びモニタ	設計とバケット位置 との差異等	演算・描画処理装置、セン サユニット、モニター式	1式
③	回転レーザ (必須ではない)	基準高さ(標高値)	回転レーザ レーザ受光器	1式

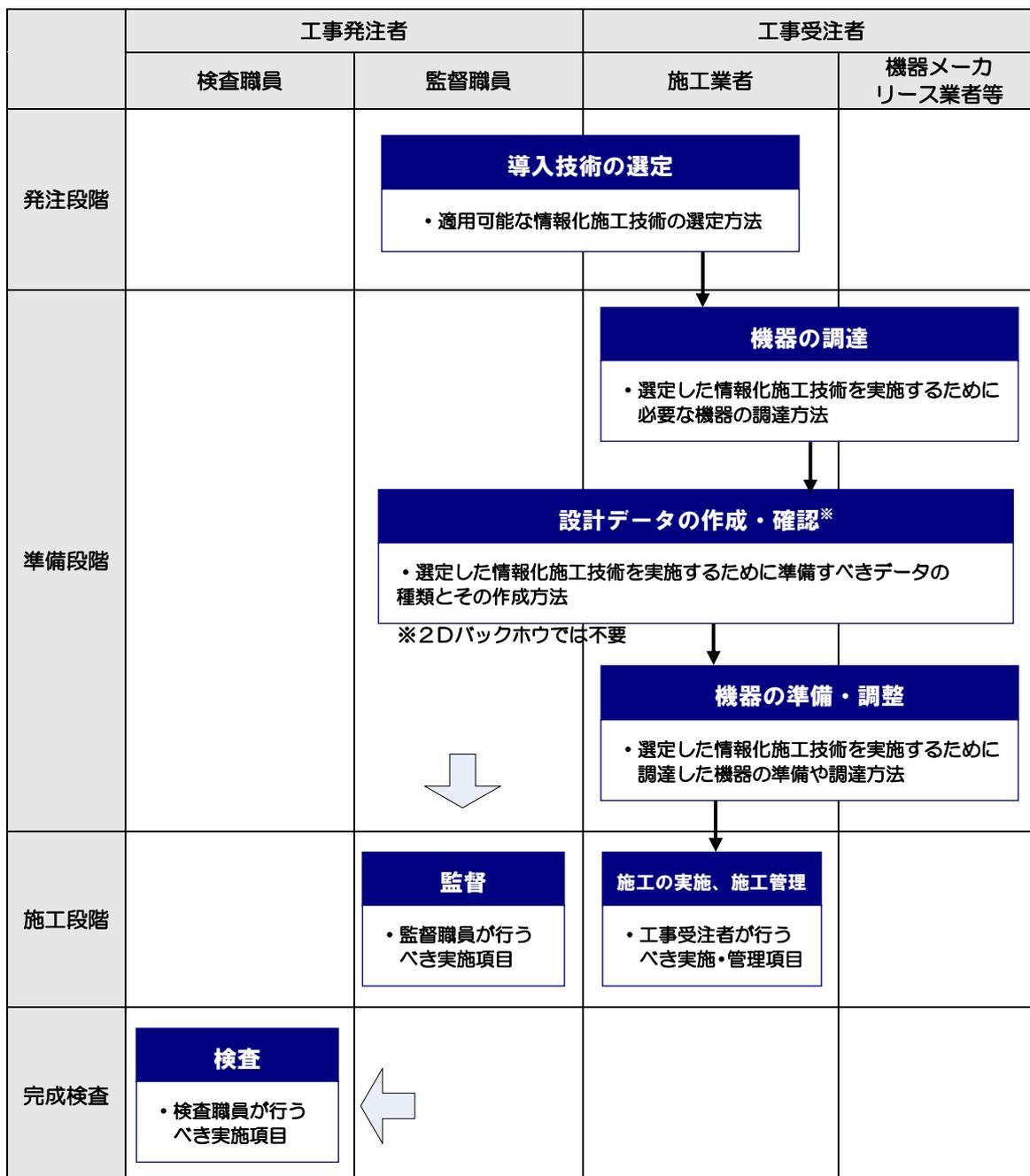
3 ICTバックホウを用いた掘削方法

3.1 ICTバックホウを用いた施工の流れ

マシンガイダンス技術を導入する前に、工事発注から完成検査までの各段階の中で工事発注者と工事受注者がそれぞれに行うべき作業内容および作業手順を確認すること。

【解説】

ICTバックホウを用いた掘削を適用する場合、工事発注者・工事受注者が行うべき作業手順は以下のとおりとなる。



図ー10 ICTバックホウを用いた施工の流れ

3. 2 導入技術の選定

マシンガイダンス技術を導入する前に、現場条件に適したICTバックホウのマシンガイダンスシステムを選択する。

【解説】

マシンガイダンス技術を用いたバックホウには、前述1. 3 (5) に示す3Dバックホウと2Dバックホウがある。この2つのシステムから現場で採用するシステムを選択する必要がある。

3Dバックホウと2Dバックホウでは適用条件が異なることから、それぞれの現場条件に適したシステムを選択することが望ましい。採用するシステム選択の参考として、各システムにおける判断条件を表-11に示す。

表-11 ICTバックホウの3Dバックホウと2Dバックホウの判断条件

判断条件	3Dバックホウ	2Dバックホウ
測位技術 (GNSS・TS) の通信状態	良好であること	不要* (測位技術を採用していないため)
現場の形状	複雑な形状の掘削工 (例えば曲線部)	一定勾配 一定深さの小規模土工 (掘削工) (床掘り、溝掘り、整地など)
システムのコスト	GNSSの送受信機等が必要となるため高価	GNSS等の測位技術機器が必要でないため安価
設計データの作成	3次元設計データが必要	不要
丁張りの設置	不要 (ただし、構造物等がある箇所では必要)	必要

※回転レーザを使用する場合は、障害物や岩などによるレーザの乱反射に注意すること

3Dバックホウは、2Dバックホウよりも高価であるため、たとえば3Dバックホウを丁張りの代替として利用し、その間の施工を2Dバックホウで行うといった3Dバックホウと2Dバックホウの使い分けを工夫することも有効である。

また、3Dバックホウを採用する場合は、3次元設計データが必要となることに留意すること。3次元設計データは、工事発注者から提供された場合でも、現場不一致などによる他、TINデータを搭載し施工する場合、曲面等では、変化点以外にも横断形状の補完データの作成が必要となるため工事受注者が3次元設計データを修正することが多い。

3. 3 使用機器

ICTバックホウを用いた標準的な施工、施工管理・出来形管理は、次のハードウェア、ソフトウェアの組み合わせにより実施する。

【ICTバックホウ】

- 1) 3次元設計データ作成ソフトウェア(3Dバックホウのみ)
- 2) マシンガイダンス技術
- 3) 位置測位技術

【TS出来形管理】

- 4) 基本設計データ作成ソフトウェア
- 5) 出来形管理用TS
- 6) 出来形帳票作成ソフトウェア

【解説】

ICTバックホウを用いた掘削工およびTS出来形管理における標準的な使用機器の構成を示す。

ICTバックホウおよびTS出来形管理の使用機器は、建設ICT導入普及研究会「建設ICT総合サイト」と、国土交通省国土技術政策総合研究所「トータルステーションを用いた出来形管理情報提供サイト」を参考とする。

3Dバックホウと2Dバックホウの使用機器の比較を表-12に示す。表-12より、3Dバックホウと2Dバックホウで必要となる使用機器を確認すること。

また、図-11に使用機器の構成を示す。

表-12 3Dバックホウと2Dバックホウの使用機器の比較

項目	ICTバックホウ		TS出来形管理
	3Dバックホウ	2Dバックホウ	
(1) 3次元設計データ作成ソフトウェア	○		
(2) マシンガイダンス技術	○	○	
(3) 位置測位技術	○		○
(4) 基本設計データ作成ソフトウェア			○
(5) 出来形管理用TS			○
(6) 出来形帳票作成ソフトウェア			○

(1) 3次元設計データ作成ソフトウェア（3Dバックホウのみ）

3次元設計データ作成ソフトウェアは、発注者から提示された設計図書等を元に、バックホウに搭載するための3次元設計データを作成するソフトウェアである。作成した3次元設計データは、記憶媒体などを通じてマシンガイダンス技術で読み込むことができる。

具体的な3次元設計データ作成ソフトウェアは、3次元CADや、ICTバックホウのメーカーがそれぞれ開発したソフトウェアなどがある。

(2) マシンガイダンス技術

3Dバックホウの操作支援システムは、(1)で作成した3次元設計データを用い、掘削工におけるバケット位置の良否判定が可能な設計値とバケット位置座標との差分を表示する装置である。

2Dバックホウの操作支援システムは、事前に入力した切り出し位置と勾配データを用い、掘削工におけるバケット位置の良否判定が可能な設計値とバケット位置座標との差分を表示する装置である。

なお、準備する具体的なシステムは、平成23年度末時点で、測量機器メーカーの数社が開発したものだけでなく、ソフトウェアメーカー、ゼネコン、レンタルメーカー等が開発したものなどがある。なお、測量機器メーカーが開発したシステムは、一部のレンタルメーカーからのレンタルも可能である。

(3) 位置測位技術

位置測位技術は、RTK-GNSSあるいは、自動追尾型TSのどちらかを用いる。測位技術の選択は、3.5.4を参照のこと。

(4) 基本設計データ作成ソフトウェア

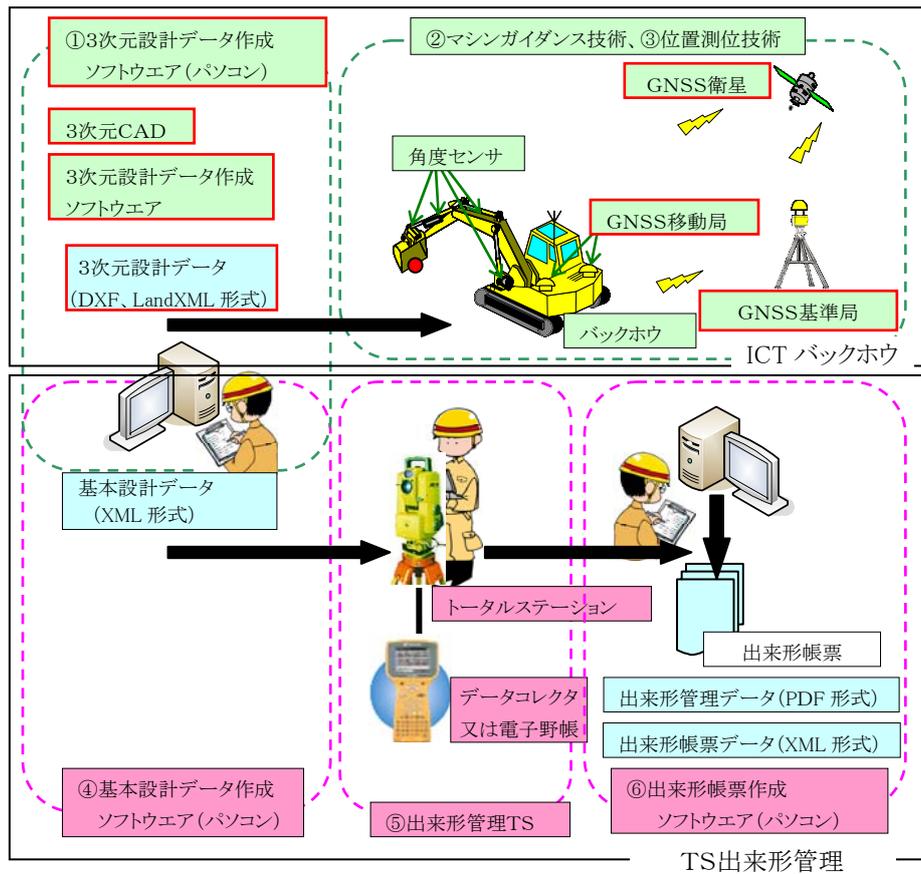
「出来形管理要領（土工編）」で規定されるソフトウェアである。

(5) 出来形管理用TS

「出来形管理要領（土工編）」で規定されるTS、データコレクタ（電子野帳）とソフトウェアである。

(6) 出来形帳票作成ソフトウェア

「出来形管理要領（土工編）」で規定されるソフトウェアである。



※赤枠は、3Dバックホウのみ。

図-11 ICTバックホウとTS出来形管理の使用機器

3. 4 3次元設計支援ソフトウェア

3次元設計データ作成ソフトウェアは、マシンガイダンス技術で利用可能な3次元設計データを作成・変換でき、以下の機能を有することを標準とする。

- 1) 基本設計データ等の読込(入力)機能
- 2) 基本設計データ等の確認機能
- 3) 設計面データの作成機能
- 4) 3次元設計データの作成機能
- 5) 座標系の変換機能
- 6) 3次元設計データの出力機能

【解説】

本要領(案)に基づく3Dバックホウによる掘削工は、設計図面から把握した3次元設計データと現況地形データを用い、従来の丁張り設置作業をほぼなしに施工が可能で、オペレータに対して、バックホウ操作時にバケット位置の良否判定ができることが特徴である。

これらを実現するためには、事前に操作支援システムへの読込みが可能な3次元設計データを作成でき、作成した設計データと設計図面との照合確認が可能な3次元設計データ作成ソフトウェアが必要となる。

マシンガイダンス技術が搭載することができる代表的な3次元設計データは、構造物を形成する表面形状の3次元座標の変化点で構成される「T I Nデータ」と、構造物を構成する基本的な線形および断面形状で構成される「路線データ」がある。

本要領(案)では、主にT I Nデータについて記述している。

1) 基本設計データ等の読込(入力)機能

①座標系の選択機能

3次元設計データの座標系を選択する機能。

②平面線形の読込(入力)機能

設計図面に示される法線の平面線形(平面線形)を読込(入力)できる機能。なお、線形の幾何要素は、直線区間(開始点、終了点)と曲線区間(開始点、I P点、終了点)等で定義される。

③縦断線形の読込(入力)機能

設計図面に示される法線の縦断線形(縦断線形)を読込(入力)できる機能。なお、線形の幾何要素は、縦断勾配変化点の累加距離、標高、縦断曲線長(又は縦断曲線半径)で定義される。

④横断形状の読込(入力)機能

設計図面に示される横断形状を読込(入力)できる機能。なお、横断形状の幾何要素は、中心線形(平面線形)を基準に、センターからの離れ距離(起点からの終点に向け右側を+、左側を-)と勾配(あるいは比高)で定義される。

⑤現況地形データの読込（入力）機能

設計図面に示される現況地形形状を読込（入力）できる機能。なお、現況地形の幾何要素は、中心線形（平面線形）を基準に、センターからの離れ距離（起点からの終点に向け右側を＋、左側を－）と比高で定義される。

2) 基本設計データ等の確認機能

①基本設計データの確認機能

上記1) で読込んだ（入力した）中心線形データ（平面線形データ、縦断線形データ）、横断形状データの幾何要素の数値と、設計図面に示される数値との差異がないことを確認できるよう読込んだ各データにおける幾何要素の数値を表示する機能。

②現況地形データの確認機能

上記1) で読込んだ基本設計データと現況地形データに基づき算出される、平均断面法による計画掘削面積（ m^2 ）と、設計図面に示される掘削面積との差異がないことを確認できるよう、読込んだ（入力した）基本設計データ等に基づく計画掘削面積を表示する機能。

3) 設計面データの作成機能

上記1) で読込んだ基本設計データを幾何要素とする設計の面データを作成する機能。本要領（案）で言う面データは、不等三角網データ（T I Nデータ）とする。

4) 3次元設計データの作成機能

上記3) で読込んだ設計面データと現状地形データに基づく、掘削範囲を示す3次元設計データを作成する機能。

5) 座標系の変換機能

設計図書に示される平面図を、上記1) で選択した座標系に変換する機能。なお、平面図は、3次元設計データの背景として用いる。

6) 3次元設計データの出力

上記4) ～5) で作成・変換した3次元設計データ、平面図を出力する機能。

現在、中部地方整備局では、出力するデータの標準的なフォーマットをL a n d X M L形式としている。ただし、3 Dバックホウに用いるL a n d X M Lデータは、使用する機器メーカーにより規格が異なることに留意する必要がある。

また、L a n d X M Lデータは、修正が困難なため、L a n d X M Lデータに加え、マシンガイダンス用のデータ作成ソフトウェアに読込んだ際に修正が容易であるDWG、DXF、S I M A、C S V形式などのデータも用意しておくことが望ましい。

3.5 事前準備

3.5.1 事前準備の流れ

ICTバックホウを導入する前に、事前準備の作業内容と作業手順を確認すること。

【解説】

ICTバックホウを用いた掘削を適用する場合、3Dバックホウと2Dバックホウで行うべき事前準備手順は、以下のとおりとなる。なお、3Dバックホウと2Dバックホウで事前準備の作業内容が異なるため注意すること。

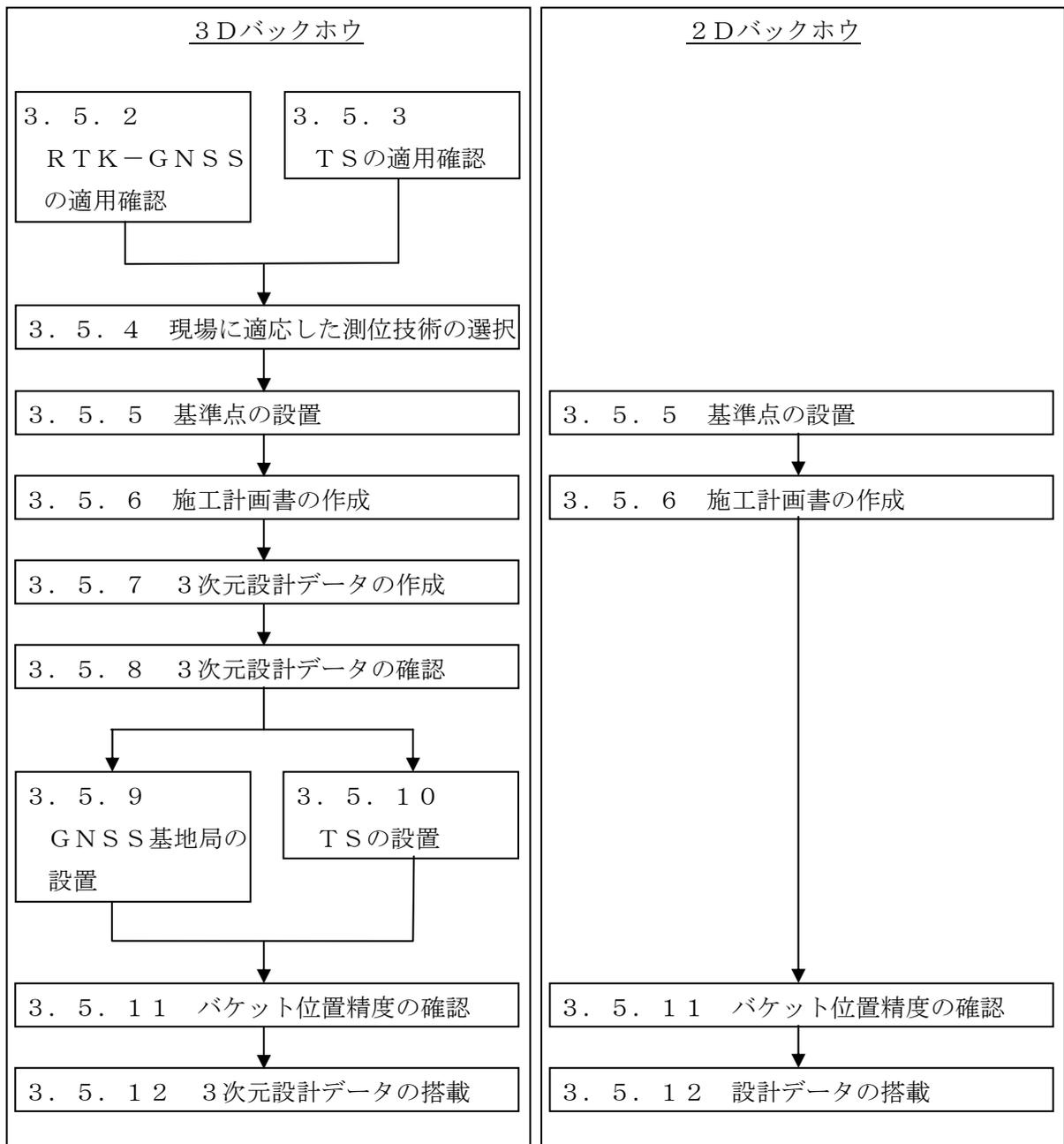


図-12 3Dバックホウと2Dバックホウの事前準備の流れ

3. 5. 2 RTK-GNSSの適用確認

マシンガイダンス技術の導入前に、対象掘削範囲において、RTK-GNSSが適用できることを確認する。

【解説】

マシンガイダンス技術は、現状ではRTK-GNSSが構成機器の一部である。そのため、システムの適用にあたっては、RTK-GNSSの利用可能な現場条件であることを確認しなければならない。

RTK-GNSSは、位置精度の保証を目的に、この解が一定に収束する場合のみ（FIX解）、3次元位置データを出力する仕組みであるため、この解が一定に収束しない場合（FLOAT解）には、3次元位置データは提供されず、その結果として、マシンガイダンス技術からの情報が提供されない。

従って、マシンガイダンス技術を搭載した掘削工の範囲及び基準局設置位置について、RTK-GNSSが適用可能なことを事前に確認する必要がある。RTK-GNSSが適用困難な現場条件を表-13に示す。

事前にRTK-GNSSが適用困難と判断した範囲は、TS仕様に変更するか、現行の丁張りをを用いて掘削作業を行う。また、RTK-GNSSの適用時間に制限がある場合は、これを考慮して掘削工程を計画する必要がある。

表-13 RTK-GNSSが適用困難な条件

適用困難な条件
基準局から移動局への補正情報の無線通信障害が発生する地形条件、不要電波状況
GNSS衛星などからの電波が反射・回折する障害物や岩などが周辺にある（図-13）
FIX解となる衛星捕捉数、衛星配置の確保ができない（基準局、移動局）

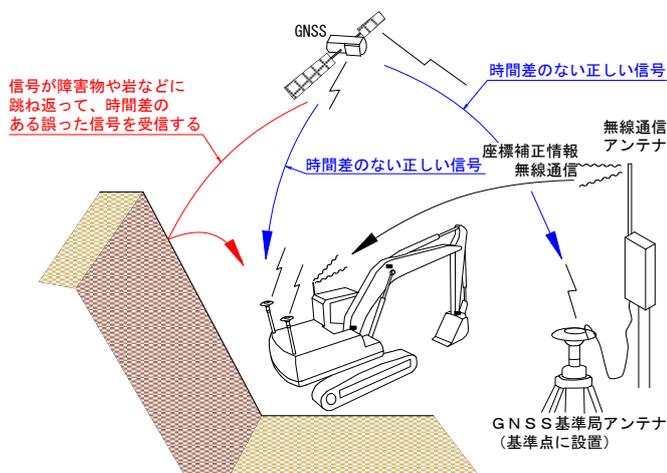


図-13 電波が反射・回折する現場状況

3. 5. 3 TSの適用確認

マシンガイダンス技術の導入前に、対象掘削範囲において、TSが適用できることを確認する。

【解説】

TSでのシステムの適用にあたっては、TSの利用可能な現場条件であることを確認しなければならない。

掘削工の範囲及びTSの設置位置について、TSが適用可能なことを事前に確認する必要がある。TSが適用困難な現場条件を表-14に示す。

事前にTSの適用が難しいと判断した範囲は、GNSS仕様に変更するか現行の丁張りをを用いて掘削工を行う。

表-14 TSが適用困難な条件

適用困難な条件
障害物により、TSを移動させてもTSから全方位プリズムまでの視野を確保できない（障害物：樹木、構造物、車両など）
TSの無線到達範囲から、バックホウが離れる頻度が多い現場

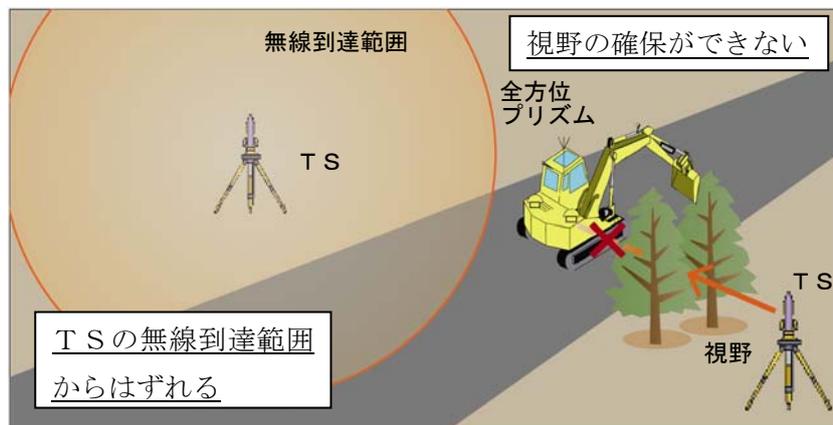


図-14 TSの設置状況図

3. 5. 4 現場に適応した測位技術の選択

マシンガイダンス技術の導入前に、対象掘削範囲において、現場条件に適応した測位技術(RTK-GNSS、TS)を選択する。

【解説】

前述3. 5. 2、3. 5. 3により、各測位技術の適用確認を行った上で、導入する測位技術の種類を選択する。ただし、現場条件によっては適用困難な場合があるため、各測位技術の特徴を十分に考慮し選択すること。

以下表-15に、各測位技術の違いを示す。

表-15 RTK-GNSSとTSの違い

項目	RTK-GNSS	TS
測位精度	中 (測位誤差あり)	高 (光波測距儀と同精度)
1台で制御可能な重機	複数台	1台 (1対1制御)
視界の確保	不要	必要 (光波の見通しが必要)
基準点からの距離の制限	500m程度(目安)	100m程度(目安)
天空の確保	必要 (衛星捕捉数確保のため)	不要
基準局の設置	必要	必要

①RTK-GNSSに適した現場

- ・高い精度を必要としない現場
- ・一度にたくさんの情報化施工機器を動かす現場
(TS測位では1セットで1台の建設機械にしか対応できないが、GNSS測位では1セットで複数の建設機械をコントロール可能)
- ・周囲に高い建物、上空を横断する送電線や高いアンテナ、急峻な地形がなく上空が開けた現場

②TSに適した現場

- ・高い精度(特に高さ)が要求される現場
- ・プリズムの視通を確保でき、延長が比較的短い現場
(延長が長いとTSの盛り替えが発生)

3. 5. 5 基準点の設置

基準点は、「作業規程」に準拠し、監督職員から指示された4級基準と3級水準(山間部では4級水準を用いても良い)を有する点、もしくはこれと同程度以上のものとする。なお、RTK-GNSSを用いた3Dバックホウを用いた掘削工の施工範囲の外周には、4点以上の工事基準点を設置することが望ましい。

施工および施工管理・出来形管理で利用する工事基準点の設置にあたっては、「作業規程」に準拠するとともに、「出来形管理要領(土工編)」で規定される出来形計測方法に留意して配置する。なお、3DバックホウでRTK-GNSSを採用する場合は、RTK-GNSS基準局の設置方法に留意すること。

【解説】

ここで、基準点とは測量の基準とするために設置された国土地理院が管理する三角点・水準点であり、また、工事基準点とは監督職員より指示された基準点を基に、受注者が施工及び施工管理のために現場およびその周辺に設置する基準となる点をいう。

マシンガイダンス技術で用いるRTK-GNSSは、基準局を設置するための工事基準点(3次元座標が既知)を必要とする。また、マシンガイダンス技術の利用にあたっては、バケット位置の取得精度確保を目的とした確認試験を、導入前、掘削期間中に実施する。

そのためには、上記のエリアを含む施工ヤード内に、4点以上の工事基準点を設置することが望ましい。工事基準点数が不足する場合は、新たな工事基準点を設置する必要がある。

なお、この工事基準点の少なくともひとつにGNSS基準局を設置するため(後述3.5.9-(2)に示すローカライゼーションを行った場合を除く)、選定した基準局候補基準点と対象掘削範囲間の距離と見通しを確認し、これを踏まえてRTK-GNSS補正情報の無線通信手段を決定する必要がある。

また、マシンガイダンス技術で用いるTSはRTK-GNSSに比べ、計測距離が短いため、掘削の施工範囲には、計測可能距離と施工範囲に応じて複数の工事基準点を設置することが望ましい。

一方、TSによる出来形管理では、現場に設置された工事基準点を用いて3次元座標値を取得し、この座標値から幅、長さを算出する。

このため、バケット位置の計測精度と出来形の計測精度を確保するためには、現場内に4級基準点又は、3級水準点と同等以上として設置した工事基準点の精度管理が重要である。

工事基準点の精度は、「作業規程」の路線測量を参考にし、これに準じた。

さらに、本要領(案)では、新たな工事基準点に出来形管理用TSを設置し監督・検査業務に用いることを想定しているため、この新たな工事基準点の測量成果は、監督職員に提出する。ただし、この測量成果には、出来形管理用TSを設置する新たな工事基準点を含める必要はあるが、ローカライゼーションを行うための工事基準点は含めなくても良いものとする。

3. 5. 6 施工計画書の作成

ICTバックホウを用いた掘削工を実施する場合、掘削計画とバケット位置の計測精度確認計画を施工計画書に記載する。上記以外の項目については、現行の掘削工の施工計画書と同様の内容を記載する。

【解説】

本要領（案）に準じて掘削工を実施する場合、下記の項目について、通常掘削工の施工計画書の内容を本要領（案）に即した内容で作成する。

(1) 掘削計画

マシンガイダンス技術の機器構成と提供情報について示す。これにより、マシンガイダンス技術からの提供情報が確認することができる（要求仕様については前述2. 1参照）。

また、前述3. 5. 5に示す基準点の配置がわかる資料（平面図）を含めるものとする。

(2) バケット位置の計測精度確認計画

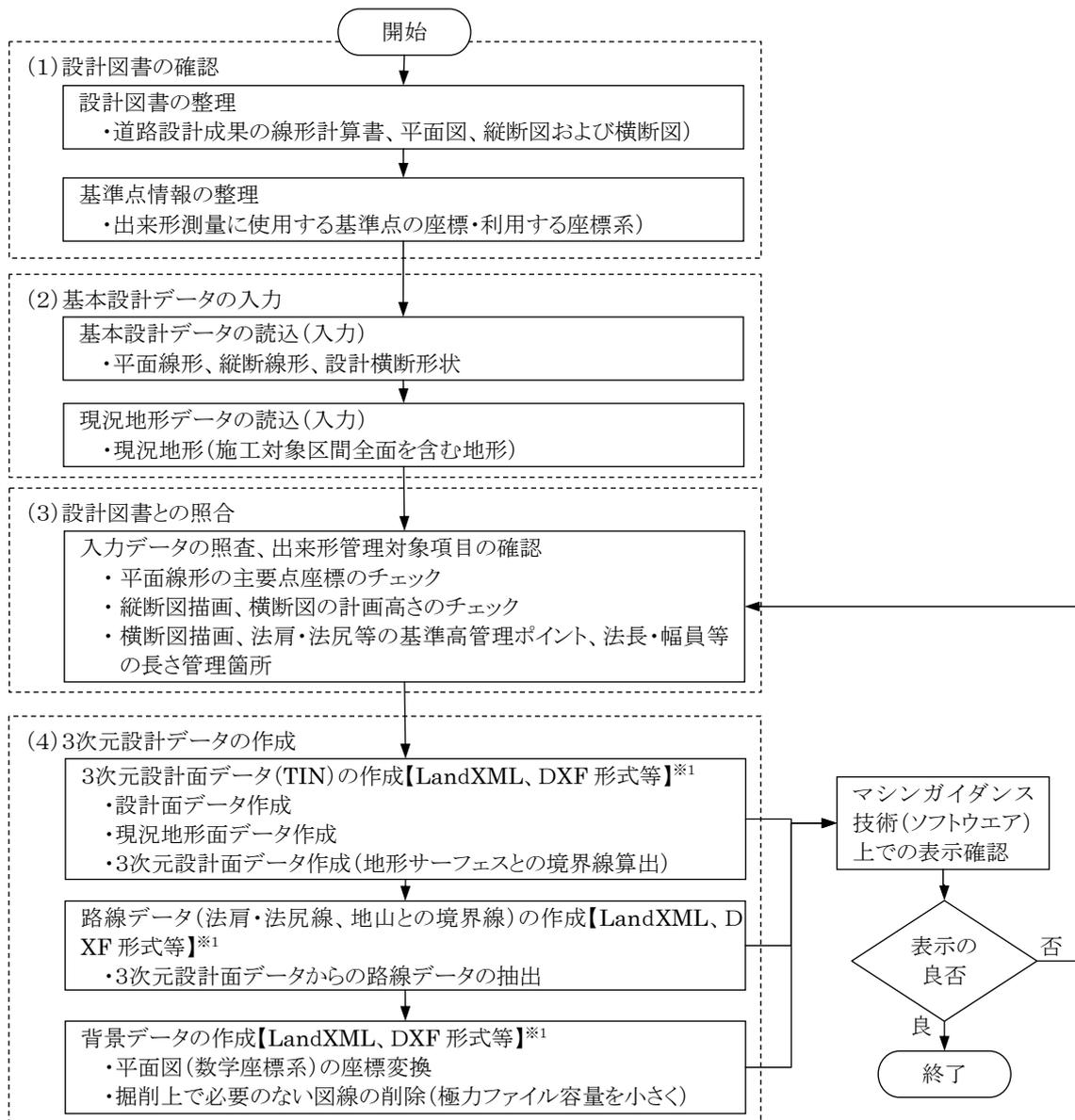
バケット位置精度の確認と確保を目的としたバケット位置の計測精度確認計画について示す（取得精度については前述2. 2参照、計画の詳細は後述3. 5. 11参照）。

3. 5. 7 3次元設計データの作成

3Dバックホウに利用する3次元設計データについて、ベースとなる基本設計データを作成し、読み可能な形式に変換する。

【解説】

本要領（案）で想定する3次元設計データの作成手順を図-15に示すとともに、3次元設計データ作成ソフトウェアが持つべき具体的な機能（例）を以下に示す。



※1: 開発メーカーにより必要なデータが異なるため事前確認を行うこと(本表では全メーカーへの対応を想定)
また、中部地方整備局では、LandXML形式を標準形式としているが、CADデータ(DXF、DWG形式など)による方式等も存在している。

図-15 3次元設計データの作成手順

(1) 3Dバックホウに必要な3次元設計データ

3Dバックホウに必要な3次元設計データは、①設計サーフェスデータ（路線データの構成する3次元位置座標を点群とする不等三角網データ（TIN））、あるいは、②路線データ（中心線形、法肩・法尻線、設計と地山との境界線）が存在する（図-16参照）。

これらデータは、LandXML形式（中部地方整備局では標準形式として指定）やDXFまたはDWG形式（3次元設計図面データ）で、3Dバックホウに搭載する。

なお、LandXML形式の仕様は、メーカーにより異なることに注意が必要である。

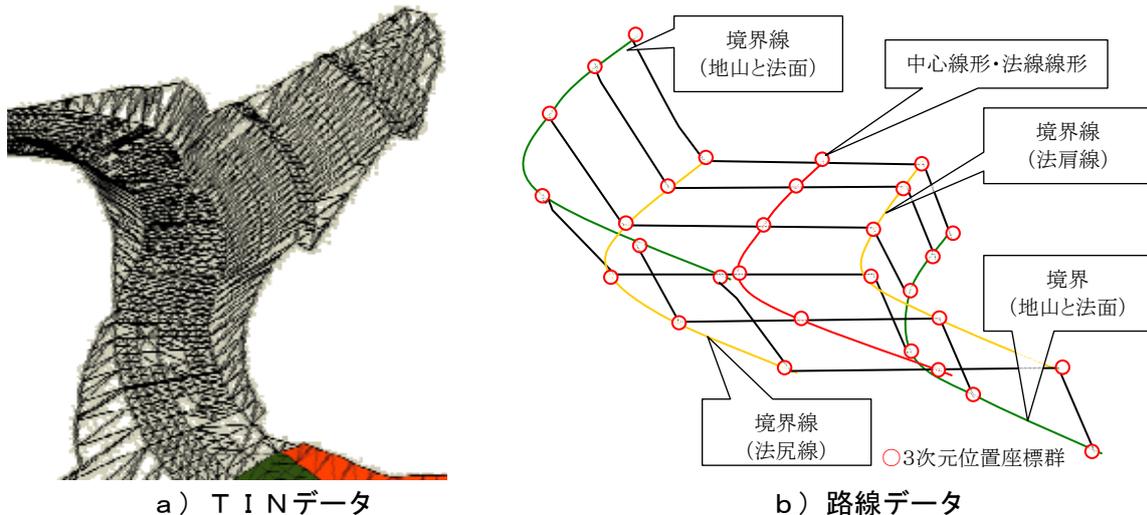


図-16 3Dバックホウに必要な3次元設計データ

(2) 上記作成にあたっての留意事項

中心線形が曲線部（単曲線、緩和曲線）を含む場合、設計図面上、線形を示すパラメータを有する線形は、中心線形のみである。このため、設計図面に示される横断形状（以下、管理断面という）のみでは、管理断面間の路線データ（法肩・法尻線および設計と地山との境界線）は直線補完される。

このため、中心線形のパラメータに則した3次元設計データの作成には、3次元設計データ作成ソフトウェアを用いて、管理断面の横断形状を土工定規とした新たな横断形状を密に計算させることで、直線補完距離を短くすることで対応できる。

新たな横断形状の計算頻度は、延長方向に2.0m（バケット幅程度）とすると、バックホウ掘削工において最も設計に厳密な3次元設計データが作成できる。このような3次元設計データは、中心線形に曲線部を含む場合に必要となる。一方、中心線形が直線部のみの場合にこのような3次元設計データを用いると、設計面データ（データ構成する単位面データ）をトリガ選択する3Dバックホウでは、頻繁な選択が必要となるため、注意する必要がある。

また、地山と設計との境界線（設計図面上に示される現況地形線、あるいは起工測量成果）は、一般的に管理断面のみしかなく、特に管理断面間は地形が現地と異なる場合が多い。

このような条件で3次元設計データを作成する場合は、地山と設計との境界線を、設計図面よりも外側に設けることで対応できる。

(3) TS出来形管理に必要な3次元設計データ

TS出来形管理に必要な3次元設計データは、設計図面（線形計算書、平面図、縦断面図、横断面図等）に示される中心線形（平面・縦断）と横断形状で構成される基本設計データ（施工管理データに含まれる）である（図-17参照）。

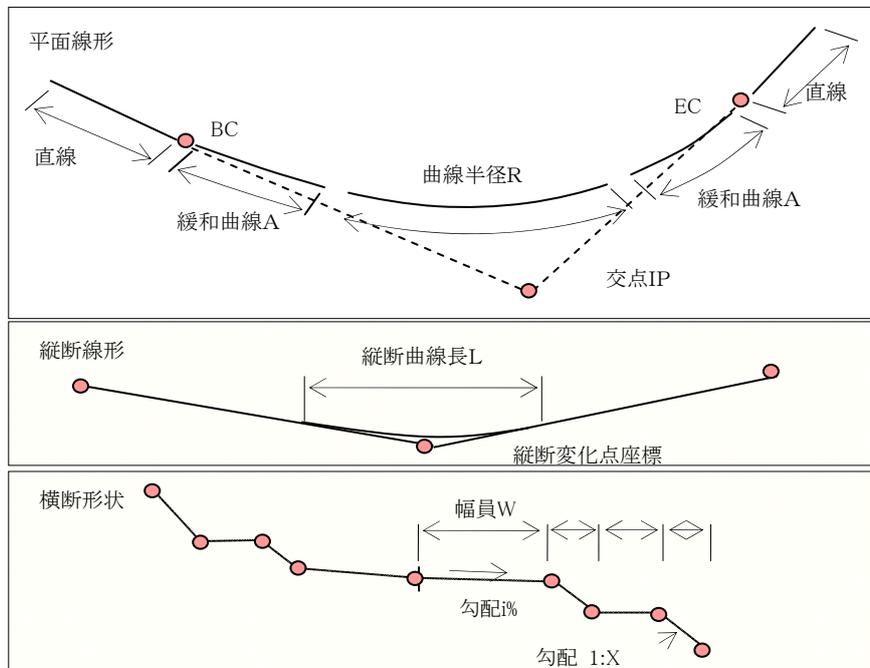


図-17 TS出来形管理に必要な3次元設計データ

(4) 共通利用可能な3次元設計データ

マシンガイダンス技術用3次元設計データは、TS出来形管理に用いるためのデータとして作成する基本設計データを参照し、3次元CAD等で作成することが可能である。

そのため、両者に共通して利用可能な3次元設計データは、基本設計データであると考え、これを要求仕様として規定した。

なお、設計段階において、マシンガイダンス技術の適応工事要件を満たす工事の設計段階において、基本設計データを作成しておくことは、3次元設計データの作成手間を最小限に留め、早期にICT掘削工に着手することが可能となるため、これには合理性がある。また、出来形管理用TSを利用して、監督職員が出来形・出来高の把握が行う場合には、発注者が基本設計データを保有しておくこと、監督行為に対する信頼性が確保可能となる。

3. 5. 8 3次元設計データの確認

基本設計データの作成後には、設計図面との照合を行う。

【解説】

3次元設計データのベースとなる基本設計データは、設計図面（線形計算書、平面図、縦断図、横断図）に記載される中心線形、横断形状の幾何形状要素と一致するため、基本設計データの入力後は、これとの照合を行って設計図面と一致していることを確認する。

これにより、設計図面をベースとするマシンガイダンス技術を用いた掘削工が可能となり、設計図面に基づく、出来形管理用T Sを用いた作業管理あるいは監督行為の実施が可能となる。

この照合作業は、基本設計データの入力値を確認項目とするチェックシートを作成した上で実施することが、標準的である。

確認項目の例を以下に示す。照合は、設計図書と3次元設計データ作成ソフトウェアの入力画面の数値または出力図面と対比して行う。

1) 基準点

基準点は、基準点の名称、座標を事前に監督職員に提出している基準点の測量結果と対比し、確認する。

2) 平面線形

平面線形は、線形の起終点、各測点および変化点（線形主要点）の平面座標と曲線要素について、平面図および線形計算書と対比し、確認する。

3) 縦断線形

縦断線形は、線形の起終点、各測点および変化点の標高と曲線要素について、縦断図と対比し、確認する。

4) 出来形横断面形状

出来形横断面形状は、出来形管理項目の幅（小段幅も含む）、基準高、法長を対比し、確認する。設計図書に含まれる全ての横断図について対比を行うこと。また、出来形横断面形状に付与する計測対象点の記号が基本設計データ作成ソフトウェアによって作成されていることを、出力図面またはソフト画面上で確認すること。

なお、本要領（案）の添付資料（様式－1）に、基本設計データのチェックシート（例）を示しているため、参考とされたい。

3. 5. 9 GNSS基準局の設置

受注者は、RTK-GNSSを用いた3Dバックホウによる掘削工の着手前までに、GNSS基準局を、前述3. 5. 5で規定する基準点に設置する。

【解説】

(1) GNSS基準局の設置

マシンガイダンス技術を構成する機器にGNSSを含むため、掘削工の着手前までにGNSS基準局を設置する必要がある。

同システムにより提供されるバケット位置の3次元座標には、GNSSが潜在的に有する計測誤差以外に、GNSS基準局の設置した位置の3次元座標の誤差が含まれるため、前述3. 5. 5で規定する基準点に必ず設置すること。

また、GNSS基準局を設置する基準点の選定にあたっては、GNSS補正情報を通信する無線装置の性能（通信距離、指向性）を勘案する必要がある。



写真-5 基準点（3次元座標）



写真-6 GNSS基準局

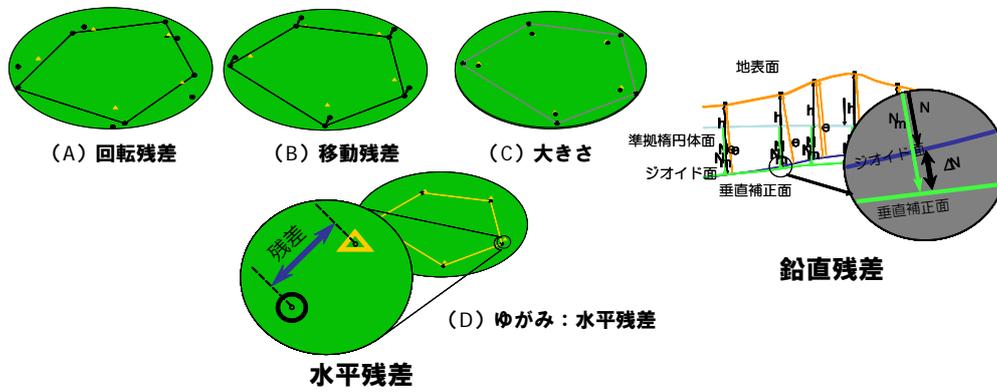
(2) ローライゼーション（座標変換）

本要領（案）での出来形計測は、出来形管理用TSを用いることを前提としており、出来形値（標高、法長さ）の元データとなる3次元座標は、「出来形管理要領（土工編）」に示される規定に従う限りにおいては、出来形管理用TSを設置した基準点からの相対位置が保証されるため、出来形値の誤差精度は、図-18に示す基準点の残差に依存する。

このため、構築物の施工精度を確実に確保するには、設計照査の段階で、出来形管理用TSを設置する可能性がある各基準点の3次元座標と、TS（又はRTK-GNSS）を用いて計測される3次元位置座標との残差、あるいは各基準点に対しGNSS座標系上で算定された3次元位置座標との残差を確認するとともに、基準点の位置座標を包括する面との残差（回転、移動、大きさ、水平ゆがみ、垂直ゆがみ）を確認することを推奨する。

この残差が比較的大きいと判断する場合は、基準点の確認を行う必要があると判断され、この残差が比較的小さい場合は、残差の影響を最小限に留める対応として、GNSS座標系と現場座標系に変換すること（ローライゼーションと呼ぶ）を行なっても良い。

なお、残差の大きさを判断する「しきい値」は、標準的には10mm～30mm程度と考えられるが、GNSSでの豊富な測量経験を有する測量技術者との協議の上で設定し、ローカライゼーションを行うものとする。



※図中の●は真値、▲は基準点が有する位置座標、●はGNSS計測による座標面

図-18 基準点残差のイメージ



写真-7 ローカライゼーション測量状況

3. 5. 10 TSの設置

受注者は、自動追尾型TSを用いたICTバックホウによる掘削工の着手前までに、TSを前述3. 5. 5で規定する基準点に設置する。

【解説】

(1) マシンガイダンスに利用するTS

マシンガイダンス技術を構成する機器にTSを含む場合には、掘削工の着手前までにTSを設置する必要がある。

同システムにより提供されるバケット位置の3次元座標には、TSが潜在的に有する計測誤差以外に、TSの設置位置の3次元座標の誤差が含まれるため、前述3. 5. 5で規定する工事基準点に設置することが望ましい。

また、マシンガイダンスに利用するTSは出来形管理用TSとして活用可能である。

(2) 出来形管理用TS

(1)と同様に、前述3. 5. 5で規定する工事基準点に設置する。

なお、工事基準点上にTSを設置できない場合は、後方交会法により任意の未知点にTSを設置してもよい。

■参考 作業上の留意点

- ・出来形管理用TSが水平に設置されていること。
- ・出来形計測点を効率的に取得できる位置に出来形管理用TSを設置すること。
- ・計測中に器械が動かないように確実に設置すること。
- ・工事基準点は、基本設計データに登録されている点を用いること。
- ・器械高及びプリズム高の入力ミスなどの単純な誤りが多いので、注意すること。
- ・プリズムは、傾きがないように正しく設置すること。
- ・出来形管理用TSと工事基準点の距離が近いと、方位の算出誤差が大きくなるので注意すること。



写真－8 TSの設置

3. 5. 1 1 バケット位置精度の確認

マシンガイダンス技術の性能確認のため、掘削工着手前に、バケット位置の計測精度を確認する。

【解説】

(1) バケット位置の取得精度の範囲

マシンガイダンス技術から提供される情報のうち、最も利用頻度が高く、施工精度の確保の面から重要な情報は、「設計とバケット位置との標高差分値」である。

そのため、マシンガイダンス技術の性能として、バケット位置（高さ）の取得精度が、±50mm（「施工管理基準」で規定される規格値）以下を目安とすることが望ましい。

(2) バケット位置の取得精度低下の要因

バケット位置の取得精度は、次の要因により変化する。

- ① RTK-GNSSの位置精度（平面：±10mm、標高：±20mm）（3Dバックホウのみ）
- ② RTK-GNSSおよび角度センサ位置間の寸法計測誤差（3Dバックホウのみ）
- ③ 角度センサによる出力精度
- ④ ソフト処理上の丸め誤差（3Dバックホウのみ）
- ⑤ 機械ガタ（刃先の磨耗を含む）

上記の要因、特に①、②及び③の汎用機械に対してシステム取付けを主体に想定していること、使用期間などによる⑤汎用機械のガタが、バケット位置の計測精度に影響を与える。これらの要因は、マシンガイダンス技術を搭載したバックホウ毎に、バケット位置の計測精度が異なることを示す。

(3) バケット位置精度が変化する条件

フィールド試験により、バケット位置精度（標高）は、バケット角度、バックホウ姿勢（ピッチ）の違い等で取得される位置精度が異なることが判明している。

実際の掘削工では、異なるバケット角度、バックホウ姿勢、バケット位置高さの組み合わせにより操作されるため、これを考慮したバケット位置精度を予め確認しておく必要がある。

(4) 3Dバックホウにおけるバケット位置の計測精度についての確認方法

バケット位置精度の標準的な確認方法を表-16、図-19に示す。

また、バケット位置精度の評価方法は、マシンガイダンス技術から提供されるバケット位置と、TSにより取得されるバケット位置の較差を算出し、全て条件における較差が、標高で±50mm以内であれば、所要の性能を確保していると判断する。また、参考までに、平面位置(X座標、Y座標の合成)は、その平均値が50mm以内(0mm以上)であることを確認する。

表-16 バケット位置の確認条件【例】

	パラメータ (目標値) ※			試験数	備考
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックホウ 姿勢		
Case 1	0m	0度	0度	8点以上 (バケット距離: 2条件、 本体向き: 2条件とすると 全32データ)	バケット角度
Case 2	0m	-60度	0度		
Case 3	0m	60度	0度		
Case 4	0m	0度	2.5度		バックホウ姿勢 (ピッチ)
Case 5	0m	0度	5.0度		
Case 6	0m	0度	7.5度		バケット高さ
Case 7	1m	0度	0度		
Case 8	2m	0度	0度		

※パラメータの数値は、任意に設定してもよい。

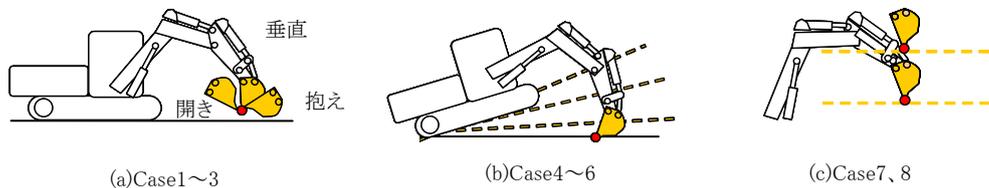
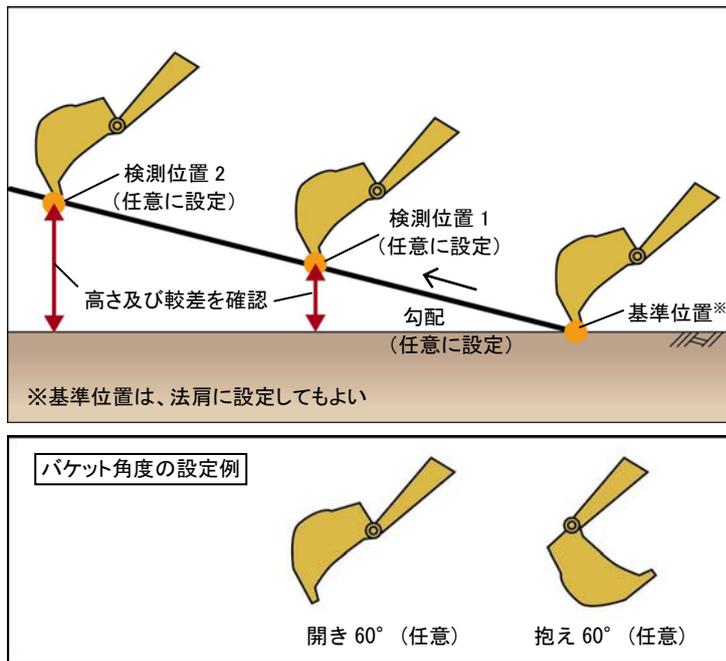


図-19 バケット位置精度の確認方法【模式図】

(5) 2Dバックホウにおけるバケット位置の計測精度についての確認方法

バケット位置精度の標準的な確認方法を図-20に示す。

また、バケット位置精度の評価方法は、マシンガイダンス技術から提供されるバケット位置と、TSにより取得されるバケット位置の較差を算出し、全て条件における較差が、標高で±50mm以内であれば、所要の性能を確保していると判断する。



バケット位置精度の確認は、以下に示す手順で勾配、バケット角度を変更し、計4ケース行う

- ①基準位置、検測位置1、2をTSで計測（丁張りなどを利用）
 - ②バケット角度を設定し、バケットの刃先を基準位置に合わせる（重機を操作）
 - ③検測位置に応じた勾配を設定（システムに入力）
 - ④バケットの刃先を検測位置1、2に合わせ、TSでの計測値（高さ）とマシンガイダンスによる距離（高さ）の較差を確認する
- 勾配、バケット角度を変更し、②～④を繰り返す

図-20 バケット位置精度の確認方法【例】

(6) バケット位置精度の確認結果

ICTバックホウを用いた掘削工では、操作支援システムから提供される「設計データ」と「バケット位置の良否判定データ」などを確認して操作判断を行うため、施工精度を確保するためには、前述(1)に示すバケット位置精度を、掘削工着手前に確認する必要がある。また、この確認結果は、利用するICTバックホウの計測性能を証明するものであり、必要に応じて監督職員から請求される場合が想定されることもあるため、資料として整備・保管するとともに、後述3.6.2の初期データとして利用する。

なお、本要領(案)の添付資料(様式-2)に、バケット位置の取得精度に関する記録シート(例)を示しているため、参考とされたい。

3. 5. 1 2 設計データの搭載

受注者は、設計データを操作支援システムへ搭載する。

【解説】

(1) 3Dバックホウ

受注者は、3次元設計データ作成ソフトウェアなどから出力した3次元設計データを、記憶媒体（CFカード、USBメモリ等）を通して、操作支援システムに搭載する。

掘削工の着手直前に、施工範囲内の既知点と3次元設計データの変化点（測点が明確な法肩や法尻など）に対し、バケット位置をあわせ、この位置の3次元座標を、操作支援システムのディスプレイから読み取り、掘削工対象となる3次元設計データが搭載されていることを確認しておく必要がある。



コントロールボックスに記憶媒体（CFカード、USBメモリ等）をセットする。

写真－9 マシンガイダンス技術への3次元設計データの搭載方法

(2) 2Dバックホウ

受注者は、切り出し位置と勾配を、直接操作支援システムに入力する。

切り出し位置と勾配を入力する際は、必ず掘削断面と2Dバックホウが正対状態（掘削断面に対して重機が直角に向いている）でなければならない。正対状態でない場合は、施工ミスにつながるため注意することが必要である。

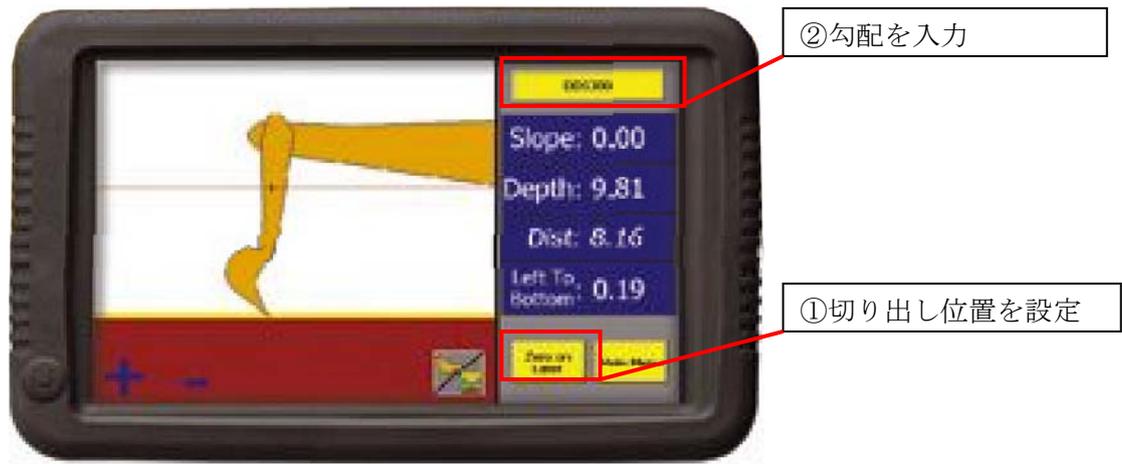


図-21 切り出し位置と勾配のデータの入力方法（N社の例）



写真-10 切り出し位置の設定状況

3. 6 掘削方法

3. 6. 1 操作判断と作業指示

ICTバックホウのオペレータによる操作判断は、掘削中あるいは任意の位置にバケットを合わせることでマシンガイダンス技術から提供される『設計とバケットとの差分値(標高など)』の確認により行う。施工管理者による作業指示は、出来形管理用TSから提供される設計上の平面位置における標高の確認により行う。

【解説】

(1) 設計とバケット位置の差分値

ICTバックホウのオペレータには、マシンガイダンス技術から『設計とバケット位置との差分値』などが常時提供される。そのため、現行作業に必要な作業員を別途配置した標高確認(検測)などを行わずとも、作業中に適宜操作判断を行うことが可能である。

ただし、操作支援情報を見ての操作は、操作の安全上問題がある上、作業効率を低下させる結果となるため、常に操作支援情報を確認するのではなく、必要と判断される箇所、操作支援情報を確認するようオペレータに指示することが、マシンガイダンス技術を有効活用するノウハウであるため、ここに注記しておく。

なお、本要領(案)で推奨する掘削工の作業形態別に着目すべき操作支援情報を以下に示す。受注者は、これを参考として、オペレータと協議の上、操作支援情報を提供するモニタ表示を設定することが必要である。

1) 3Dバックホウ

【3Dバックホウの接地面より上を掘削する場合：切土形態】

- ・バックホウ本体と法面が正対しているか否か
- ・バックホウ本体が傾斜(ピッチング、ローリング)しているか否か
- ・バックホウ本体がある位置の測点
- ・法面の設計勾配
- ・目視確認が困難な法肩線とバケット位置との差分(平面位置、標高)
- ・不可視部分の法面とバケット位置との差分(標高)
- ・不可視部分の法尻線とバケット位置との差分(平面位置、標高)

【3Dバックホウ接地面より低い位置の掘削を行う場合：床掘形態】

- ・バックホウ本体と法面が正対しているか否か
- ・バックホウ本体が傾斜(ピッチング、ローリング)しているか否か
- ・バックホウ本体がある位置の測点
- ・法面の設計勾配
- ・掘削を開始する地山と法面との交点(切り出し位置)とバケット位置との差分(平面位置)
- ・不可視部分の法面とバケット位置との差分(標高)
- ・不可視部分の法尻線とバケット位置との差分(平面位置、標高)

2) 2Dバックホウ

【2Dバックホウの接地面より上を掘削する場合：切土形態】

- ・掘削面の設計勾配
- ・不可視部分の設計とバケット位置との差分（標高）

【2Dバックホウ接地面より低い位置の掘削を行う場合：床掘形態】

- ・掘削面の設計勾配
- ・不可視部分の設計とバケット位置との差分（標高）

(2) 設計と出来形との差分値

マシンガイダンス技術を用いた掘削工を行った場合、現地には基本的には、丁張りといった現場指標がない（少ない）ため、掘削作業の終了を判断するためのレベル（テープ）を用いた出来形確認が実施し難い。

そのため、施工管理者は、出来形管理用T Sを用いた出来形の確認やマシンガイダンスの『設計と出来形との差分値』での確認により、施工手直しといった施工指示を行うことで施工管理を効率的に行うことができる。

なお、マシンガイダンス技術と出来形管理用T Sの利用は、マシンガイダンス技術の故障発生時の施工指示手段として有効である。

3. 6. 2 掘削期間中の確認事項

掘削期間中、バケット位置の取得精度などを、原則として日々確認する。

【解説】

(1) バケット位置精度の確認

マシンガイダンス技術の性能として着目する『バケット位置精度の確認』は、連続的な掘削作業により、次に示す要因などにより精度が低下する可能性がある。

- ① バケットの摩耗によるバケット寸法の変化
- ② 作業機装置のピン支承の摩耗による機械ガタの変化
- ③ センサ設置位置のずれ
- ④ センサ性能の低下、センサ故障（較正值のドリフトなど）

そのため、施工精度を確保する上では、マシンガイダンス技術の信頼性を確保することが重要であり、掘削期間中は原則として日々『バケット位置精度の確認』を実施することが必要となる。

(2) 掘削期間中における確認

『バケット位置精度の確認』の確認方法は、前述3. 5. 11に示す確認方法の中から1条件以上を選択して行うことを標準とする。なお、この取得精度の確認手段のひとつに、3次元座標を持つ現地杭にバケットをあわせる手段がある。

『バケット位置精度の確認』の評価は、取得精度が、前述3. 5. 11で確認した取得精度のバラつき内であることを確認することを標準とする。

なお、確認頻度は、作業日1日ごと始業前に1回行うことを標準とするが、対象土質や作業形態を勘案し、適切な頻度に変更する必要がある。

(3) その他の確認

マシンガイダンス技術を構成するセンサ、ケーブル等は、連続的な掘削作業により、故障、断線といったトラブルの発生が想定されるため、日常的にこれらの状態を確認する必要がある。日常点検項目の設定例を表-17に示す。

表-17 日常点検項目（設定例）

対象	点検項目
GNSS・TS※	ブラケット(ねじ)の緩みはないか
	アンテナ、マストの変形はないか
センサ	ブラケット(ねじ)の緩みはないか
	センサの変形はないか
ケーブル	ケーブルの緩みはないか
	ケーブルの損傷はないか

※2Dバックホウでは不要

なお、本要領（案）の添付資料（様式-3）に、日常点検のチェックシート（例）を示しているため、参考とされたい。

3. 7 ICTバックホウを使用した現場での留意事項

ICTバックホウの適用による効果を発揮するためには、ICT機器に対する慣れと経験が必要である。ここでは、ICTバックホウによる掘削を経験した施工業者、開発メーカーなどから得た情報をもとに、ICTバックホウによる掘削を行う上での留意点を整理する。これらに留意することで、現場で直面する様々なトラブルを未然に防ぐ、あるいは対処できれば幸いである。

(1) ICTバックホウ

- ①精度劣化に気づかず作業を継続した場合、仕上がりの誤差が生じることになる。バケットの刃先座標のチェックポイントを設け、日々の精度管理を行うことが望ましい。
- ②刃先が削れることにより精度が悪化することから、刃の磨耗分を考慮したバケット寸法の再入力に注意する。
- ③マシンガイダンスのモニタを注視しすぎて周囲への注意が散漫にならないように注意する。
- ④施工前に、施工中の有効高さの検討、ケーブル類の防護などを行い、故障や破損を未然に防止する。
- ⑤作業中の振動で機器がずれることがあり、施工誤差が生じる可能性がある。日々の精度確認が重要であるが、施工中の検測を行うことがロスも少なく、実用的である。

(2) GNSS関連

- ①現場付近に変電所や高圧電線などがある場合、GNSSの通信障害が発生する可能性がある。障害が発生する場合は、基準局の移動やTS仕様への変更を検討する。
- ②基準局と受信機間でダンプ等の横断がある場合は無線通信が途切れる可能性があるため、基準局を高台等に設置することを検討する。
- ③施工途中でGNSS基準局のバッテリーがなくならないよう、バッテリーの残量に注意する。(バッテリーの稼働時間は機種により異なるが、1個当たり4～5時間稼働できるものが多い)
- ④受信状態が悪い場合は、良好な受信位置への切り替えや捕捉衛星の状況を考慮した作業時間帯の変更を検討する。

(3) TS関連

- ①基準局(TS)と受信機の間では、車両や作業員が障害となり通信が遮断されるケースがあるので注意する。
- ②無線の到達距離に限りがあるため、TSと重機との距離が離れすぎないように注意する。
- ③施工途中でTSのバッテリーがなくならないように、バッテリーの残量に注意する。
(バッテリーの稼働時間は機種により異なるが、1個当たり4～5時間稼働できるものが多い)

4 ICTバックホウを使用した現場での出来形管理方法

4. 1 出来形管理方法

ICTバックホウを使用した現場での出来形管理方法は、「出来形管理要領(土工編)」に準拠する。

【解説】

ICTバックホウを用いた掘削工では、出来形が均一化することから、連続的な横断面での合理的な施工管理・出来形管理を行うことができる。

従って、ICTバックホウを用いた掘削工では、効率的で正確な出来形管理が実施できる測量機器との組み合わせが必要不可欠である。そのため、本要領(案)では、出来形管理方法は、TS出来形管理とする。



写真-11 出来形管理用TS

(様式－1)

平成 年 月 日
 作成者： 印

基本設計データのチェックシート
 (対象技術：TS出来形管理)

項目	対象	内容	チェック結果
1) 基準点	全点	・基準点の名称は正しいか？ ・座標は正しいか？	
2) 平面線形	全延長	・起終点の座標は正しいか？ ・変化点(線形主要点)の座標は正しいか？ ・曲線要素の種別、数値は正しいか？ ・各測点の座標は正しいか？	
3) 縦断線形	全延長	・線形起終点の測点、標高は正しいか？ ・縦断変化点の測点、標高は正しいか？ ・曲線要素は正しいか？	
4) 横断面形状	全延長	・作成した横断面形状の測点、数は適切か？ ・幅、基準高、法長は正しいか？ ・現況地形との交点は正しいか？	

※ 各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

※ 受注者が監督職員に様式－1を提出した後、監督職員から様式－1を確認するための資料の請求があった場合は、受注者は以下の資料等を速やかに提出するものとする。

- ・ 線形計算書 (チェック入り)
- ・ 平面図 (チェック入り)
- ・ 縦断図 (チェック入り)
- ・ 横断図 (チェック入り)

(上記以外にわかりやすいものがある場合は、替えることができる)

(様式－2)

平成 年 月 日
 作成者： 印

「バケット位置の取得精度」記録シート（対象技術：3Dバックハウ）

試験 ケース	パラメータ(目標値)					内容						較差 (②－①)		標高較差 確認結果 (±50mm以内)
	バケット 標高位置	バケット 角度	バックハウ 姿勢	バケット 距離	本体向き (方位角)	①マシンガイダンス技術			②精度検証機器(TS)			平面位置	標高	
						北座標	東座標	標高	北座標	東座標	標高			
Case1	m	度	度	m										
Case2	m	度	度	m										
Case3	m	度	度	m										
Case4	m	度	度	m										
Case5	m	度	度	m										
Case6	m	度	度	m										
Case7	m	度	度	m										
Case8	m	度	度	m										
	備考					平均値								

※標高較差が±50mm 以内であれば、チェック結果欄に“○”と記すこと。

(様式－2)

平成 年 月 日
 作成者： 印

「バケット位置の取得精度」記録シート（対象技術：2Dバックホウ）

試験 ケース	パラメータ(目標値)			内容				較差 (⑤－①) 高さ	標高較差 確認結果 (±50mm 以内)
	バケットの 水平距離 (基準位置～検測位置)	設計面 の勾配 (入力値)	バケット 角度	①マシンガイダンス技術	②精度検証機器(TS)				
				バケット高さ	③基準位置 の標高	④検測位置 の標高	⑤高さ (④－③)		
Case1	mm	%	度	m					
Case2	mm	%	度	m					
Case3	mm	%	度	m					
Case4	mm	%	度	m					
Case5	mm	%	度	m					
	備考			平均値					

※標高較差が±50mm 以内であれば、チェック結果欄に“○”と記すこと。

(様式－3)

日常点検のチェック項目（対象技術；3Dバックホウ）

		チェック実施日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日			
		確認者	印	印	印	印	印			
対象項目	確認箇所	内 容	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果			
1)GNSS	・基準局	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？								
		・アンテナ, マストの変形はないか？								
		・GNSSは正しく起動しているか？ (電力供給, バッテリ充電量)								
		・無線装置は正しく起動しているか？ (電力供給, バッテリ充電量)								
2)GNSS	・上部旋回体後方	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？								
		・アンテナ, マストの変形はないか？								
3)センサ	・バケット部 ・アーム部 ・ブーム部 ・本体部	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？								
		・センサの変形はないか？								
4)ケーブル	・バケット部～アーム部 ・アーム部～ブーム部 ・ブーム部～本体 ・GNSS～本体 等	・ケーブルの緩みはないか？								
		・ケーブルの損傷はないか？								
5)データ確認	既知点	・測定較差が±50mm以内か？	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差
	・X座標									
	・Y座標									
	・標高									
			確認		確認		確認		確認	

※各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

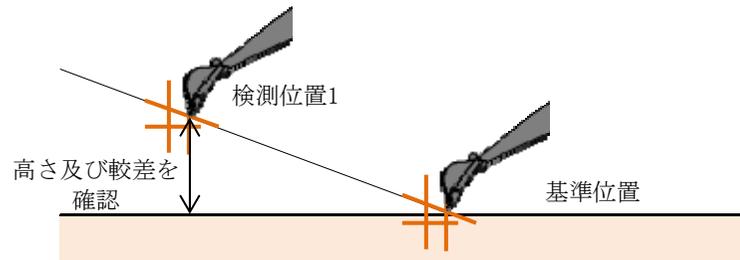
(様式－3)

日常点検のチェック項目（対象技術；2Dバックホウ）

		チェック実施日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日			
		確認者	印	印	印	印	印			
対象項目	確認箇所	内 容	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果	チェック結果			
1) センサ	・バケット部 ・アーム部 ・ブーム部	・ブラケット(ねじ)の緩みはないか？ ・センサの変形はないか？								
2) ケーブル	・バケット部～アーム部 ・アーム部～ブーム部 ・ブーム部～本体	・ケーブルの緩みはないか？ ・ケーブルの損傷はないか？								
3) データ確認		既知点 (丁張等) ・高さ ・測定較差が±50mm以内か？	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差
			確認		確認		確認		確認	

※各チェック項目について、チェック結果欄に“○”と記すこと。

日常点検における高さの精度確認方法（例）



- ① 基準位置、検測位置1をTSで計測
- ↓
- ② バケットの刃先を基準位置に合わせる。
- ↓
- ③ バケットの刃先を検測位置1に合わせ
TSでの計測値(高さ)とマシンガイダンスによる距離(高さ)の較差を確認する。

おわりに

本要領（案）では、情報化施工技術を用いたバックホウによる掘削工（小規模土工含む）、法面整形工を行う際に、受注者、監督職員、検査職員の立場から確認、留意すべき事項についてとりまとめた。

本要領（案）の対象とするICTは、最新のICTバックホウを対象としたが、これら技術は、更なる現場支援を目指し、今後も様々な改善や新たな開発が行われると想定される。

例えば、ネットワーク型RTK-GNSSなど新たな計測・センサ技術の適用、オペレータに向けた支援画面の改善、バケット位置の軌跡データを用いた出来高数量算出機能の開発などが想定され、これら改善・開発された技術が施工現場に適用できる技術レベルに至った段階で、その都度の評価を行って、本要領（案）に反映していきたいと考える。

また、本要領（案）では対象外としたが、ICTバックホウの適用により施工範囲全体の施工精度向上が期待できるため、出来形の計測頻度を低減させるなど、発注者、受注者双方の合理化・効率化を目指した施工管理基準・規格値の見直しが可能であり、さらには、出来形管理用TSを用いることで、現状の管理断面に依らない、点的な出来形管理から面的な出来形管理へ移行も可能である。

ただし、この実現に向けては、各事業を通じた実績の蓄積が必要であり、継続的にこれら事業での調査を行い、本要領（案）に反映させていきたいと考える。

本要領（案）は、建設ICT導入普及研究会として産官学で取り組んだ平成24年3月現在の施工管理要領であり、本要領（案）が施工現場へのICT導入を促進し、効率的かつ効果的な社会資本整備の実現に寄与することを期待する。

以上